

ISSN 2311-2905 (print)  
ISSN 2542-0933 (online)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

**Учредитель и издатель**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии  
имени Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Главный редактор Р.М. Тихилов**

**Том 26, № 3, 2020**

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» — 33020

# Травматология и ортопедия России

Главный редактор

**Тихилов Рашид Муртузалиевич** – д-р мед наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Заместитель главного редактора

**Шубняков Игорь Иванович** – д-р мед. наук  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

Ответственный секретарь редколлегии

**Колесникова Ирина Владимировна** (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Агаджанян В.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(ККЦОЗШ, Ленинск-Кузнецкий, Россия)

**Ахтямов И.Ф.** – д-р мед. наук, профессор  
(Казанский ГМУ, Казань, Россия)

**Баиндурашвили А.Г.** – академик РАН, д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)

**Божкова С.А.** – д-р мед. наук  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**Борзунов Д.Ю.** – д-р мед. наук (Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)

**Губин А.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия)

**Дулаев А.К.** – д-р мед. наук, профессор  
(СПбНИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия)

**Загра Л.** – д-р медицины, профессор  
(Ортопедический институт Галеацци, Милан, Италия)

**Корнилов Н.Н.** – д-р мед. наук  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**Королев А.В.** – д-р мед. наук, профессор (Европейская клиника  
спортивной травматологии и ортопедии, Москва, Россия)

**Корыткин А.А.** – канд. мед. наук  
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)

**Кочиш А.Ю.** – д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**Кренн В.** – д-р медицины, профессор (Центр гистологии,  
цитологии и молекулярной диагностики, Трир, Германия)

**Маланин Д.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(Волгоградский ГМУ, Волгоград, Россия)

**Мироманов А.М.** – д-р мед. наук, профессор (Читинская ГМА,  
Чита, Россия)

**Мурылев В.Ю.** – д-р мед. наук, профессор  
(Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия)

**Парвизи Дж.** – д-р медицины, профессор  
(Институт Ротмана, Филадельфия, США)

**Перка К.** – д-р медицины, профессор  
(Центр скелетно-мышечной хирургии Университетской  
клиники Шарите, Берлин, Германия)

**Пташников Д.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**Рябых С.О.** – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова,  
Курган, Россия)

**Середа А.П.** – д-р мед. наук  
(Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия)

**Соломин Л.Н.** – д-р мед. наук, профессор  
(НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

**Томас П.** – д-р медицины, профессор  
(Мюнхенский университет им. Людвига и Максимилиана,  
Мюнхен, Германия)

**Томсен М.** – д-р медицины, профессор  
(Клиника Миттельбаден, Баден-Баден, Германия)

**Хоминец В.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова,  
Санкт-Петербург, Россия)

**Хубэ Р.** – д-р медицины  
(Центр эндопротезирования, Мюнхен, Германия)

**Шевцов В.И.** – член-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор  
(Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)


Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, в базу данных Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), международные базы публикаций открытого доступа Directory of Open Access Journals и Google Scholar, крупнейшую в мире библиографическую базу данных WorldCat, в базы данных ВИНТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал «Травматология и ортопедия России» основан в 1993 г. Выходит ежеквартально.

Зарегистрирован Государственным комитетом РФ по печати. Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 0110540 от 12.04.1993.

Учредитель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России  
Адрес: 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, дом 8.

Адрес редакции: 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, дом 8; тел.: +7 (812) 670-86-84; e-mail: journal@rniiito.org  
<https://journal.rniito.org>

Контент журнала доступен под лицензией Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY. 

ООО «Типография Лесник», 197183, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, дом 37.

Цена свободная.

Редакторы Колесникова И.В., Шен А.С., Кузнецова А.В.

Технический редактор Гаврилова С.В.



ISSN 2311-2905 (print)  
ISSN 2542-0933 (online)

SCIENTIFIC AND PRACTICAL PEER-REVIEWED JOURNAL

# **TRAVMATOLOGIYA I ORTOPEDIYA ROSSII**

**TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS OF RUSSIA**

**Founder and Publisher**

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

**Editor-in-Chief** R.M. Tikhilov

**Vol. 26, N 3, 2020**

# Traumatology and Orthopedics of Russia

Editor-in-Chief

**Rashid M. Tikhilov** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Deputy editor

**Igor I. Shubnyakov** – Dr. Sci. (Med.)

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Executive secretary

**Irina V. Kolesnikova**

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

## EDITORIAL BOARD

**Vagram V. Agadzhanian** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Kuzbass Clinical Center for Miner Health Care, Leninsk-Kuznetsky, Russia)

**Ildar F. Akhtyamov** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Kazan State Medical University, Kazan, Russia)

**Aleksey G. Baidurashvili** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member

of Russian Academy of Sciences (Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia)

**Svetlana A. Bozhkova** – Dr. Sci. (Med.)

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Dmitry Yu. Borzunov** – Dr. Sci. (Med.)

(Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia)

**Aleksander V. Gubin** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)

**Aleksander K. Dulaev** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(St. Petersburg Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia)

**Luigi Zagra** – MD, Professor

(Galeazzi Orthopedic Institute, Milan, Italy)

**Nikolay N. Kornilov** – Dr. Sci. (Med.)

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Andrey V. Korolev** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)

**Andrey A. Korytkin** – Cand. Sci. (Med.)

(Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)

**Aleksander Yu. Kochish** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Veit Krenn** – MD, Professor

(Center for Histology, Cytology and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)

**Dmitry A. Malanin** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia)

**Alexander M. Miromanov** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Chita State Medical Academy, Chita, Russia)

**Valery Yu. Murylev** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia)

**Javad Parvizi** – MD, Professor (Rothman Institute, Philadelphia, USA)

**Carsten Perka** – MD, Professor

(Charité – University Medicine, Berlin, Germany)

**Dmitry A. Ptashnikov** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Sergey O. Ryabykh** – Dr. Sci. (Med.)

(Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia)

**Andrey P. Sereda** – Dr. Sci. (Med.)

(Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia)

**Leonid N. Solomin** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Peter Thomas** – MD, Professor

(Ludwig Maximilian University, Munich, Germany)

**Marc Thomsen** – MD, Professor

(Mittelbaden Clinics Baden-Baden Balg, Baden-Baden, Germany)

**Vladimir V. Khominets** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia)

**Robert Hube** – MD (Center of Arthroplasty, Munich, Germany)

**Vladimir I. Shevtsov** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member

of Russian Academy of Sciences (Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia)

**The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended**

**by Higher Attestation Commission at the Ministry of Education and Science.**

**The journal is currently indexed in Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Russian Science Citation Index,**

**in international open publications databases Google Scholar and Directory of Open Access Journals,**

**in the world's largest bibliographic database WorldCat, database of the Russian Institute for Scientific and Technical Information at Russian Academy of Science.**

**Information about the journal is published annually in Ulrichsweb Global Serials Directory.**

Journal "Traumatology and Orthopedics of Russia" founded in 1993. The journal publishes regular issues quarterly, four times per year.

Registered by Russian State Press Committee. Media registration certificate N 0110540 dated 12.04.1993.

Founder and Publisher: Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics.

Address: 8, Akademika Baikova str., St. Petersburg, Russia, 195427.

Editorial office address: 8, Akademika Baikova str., St. Petersburg, Russia, 195427.

Phone: +7 (812) 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org. <https://journal.rniito.org>

The content is available under the Creative Commons – Attribution 4.0 International, CC-BY license. 

Printed in "Typography Lesnik", 197183, St. Petersburg, Sabirovskaya str., 37.

Free price.

*Editors:* I.V. Kolesnikova, A.S. Shen, A.V. Kuznetsova

*Computer layout:* S.V. Gavrilova



## СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА .....	7	<b>Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабилов Ф.К.</b> Сравнительный анализ артродезирования коленного сустава длинными блокируемыми стержнями и аппаратом Илизарова при последствиях глубокой инфекции после эндопротезирования .....	109
<b>КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>			
<b>Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Карпухин А.С., Ваграмян А.Г., Демьянова К.А., Шубняков И.И.</b> Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента.....	9	<b>Белов М.В., Рассамахин С.В.</b> Планирование сложных ревизионных операций эндопротезирования с использованием отложенных телеконсультаций .....	119
<b>Даниляк В.В.</b> <i>Комментарий к статье «Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента».....</i>	21	<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	
<b>Чирков Н.Н., Николаев Н.С., Каминский А.В., Спиридонова О.В.</b> Ревизионное эндопротезирование с транспозицией широчайшей мышцы спины при последствиях травм плечевого сустава .....	25	<b>Измоденова М.Ю., Гилев М.В., Ананьев М.В., Зайцев Д.В., Антропова И.П., Фарленков А.С., Тропин Е.С., Волокитина Е.А., Кутепов С.М., Юшков Б.Г.</b> Характеристика костной ткани при имплантации керамического материала на основе цирконата лантана в эксперименте .....	130
<b>Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Карпухин А.С., Коган П.Г., Ласунский С.А.</b> Одномышечковое латеральное эндопротезирование в структуре современной артропластики коленного сустава: «горе от ума» или оптимальное решение? .....	34	<b>СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ</b>	
<b>Коваленко Р.А., Пташников Д.А., Черebilло В.Ю., Кашин В.А.</b> Сравнительный анализ результатов имплантации транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника с использованием индивидуальных навигационных матриц и методики free hand.....	49	<b>Маркова Т.В., Кенис В.М., Миронович О.Л., Щагина О.А., Нагорнова Т.С., Мельченко Е.В., Дадали Е.Л.</b> Клинико-рентгенологические характеристики двух больных с акромегалией, тип Марото, обусловленной вновь выявленными мутациями в гене <i>NPR2</i> .....	141
<b>Голубев Г.Ш., Аль-хабаби А.А.М., Хади Р.А.</b> Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника.....	61	<b>Брагина С.В., Искусов П.В., Лapidус Д.А., Ивашов А.Г., Куроптев В.Г.</b> Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай).....	150
<b>Чугаев Д.В.</b> <i>Комментарий к статье «Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника».....</i>	74	<b>Беленький И.Г.</b> <i>Комментарий к статье «Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай)».....</i>	158
<b>Смирнова Л.М., Джомарды Э.И., Кольцов А.А.</b> Межзональное распределение нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе пациентов с ДЦП как объективный критерий тяжести функциональных нарушений .....	80	<b>Хоминец В.В., Ткаченко М.В., Иванов В.С., Мюхкюра Д.Ю.</b> Хирургическое лечение пациента с поздней стадией болезни Кинбека (асептического некроза полулунной кости): клиническое наблюдение.....	163
<b>Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Бортулёва О.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Баскаева Т.В.</b> Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии.....	93	<b>ОБЗОРЫ</b>	
<b>Ахтямов И.Ф.</b> <i>Комментарий к статье «Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии».....</i>	106	<b>Куляба Т.А., Банцер С.А., Трачук П.А., Воронцова Т.Н., Корнилов Н.Н.</b> Эффективность различных хирургических методик при лечении локальных повреждений хряща коленного сустава (обзор литературы).....	170
		<b>Середа А.П.</b> Фемороацетабулярный импинджмент: естественная история.....	182
		<b>НЕКРОЛОГ</b>	
		<b>Нурлан Джумагулович Батпенев.....</b>	193

## CONTENTS

EDITORIAL.....	7	<b>Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K.</b> Comparative Analysis of Knee Joint Fusion with Long Locking Nail and Ilizarov Apparatus in Patients with Deep Infection after Arthroplasty.....	109
CLINICAL STUDIES		<b>Belov M.V., Rassamakhin S.V.</b> Complex Revision Arthroplasty Planning with Telemedicine Expert Advice.....	119
<b>Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Karpukhin A.S., Vahramyan A.G., Demyanova K.A., Shubnyakov I.I.</b> Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What's Special?.....	9	THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES	
<b>Danilyak V.V.</b> <i>Comment to the Article "Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What's Special?"</i> .....	21	<b>Izmodenova M.Yu., Gilev M.V., Ananyev M.V., Zaytsev D.V., Antropova I.P., Farlenkov A.S., Tropin E.S., Volokitina E.A., Kutepov S.M., Yushkov B.G.</b> Bone Tissue Properties after Lanthanum Zirconate Ceramics Implantation: Experimental Study.....	130
<b>Chirkov N.N., Nikolaev N.S., Kaminskii A.V., Spiridonova O.V.</b> Reverse Shoulder Arthroplasty with <i>Latissimus Dorsi</i> Transfer for Humerus Fractures Sequelae.....	25	CASE REPORTS	
<b>Chugaev D.V., Kornilov N.N., Karpukhin A.S., Kogan P.G., Lasunsky S.A.</b> Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty in Structure of Modern Knee Replacement: Is It «Woe From Wit» or a Viable Go-To Method?.....	34	<b>Markova T.V., Kenis V.M., Mironovich O.L., Shchagina O.A., Nagornova T.S., Melchenko E.V., Dadali E.L.</b> Clinical and Radiological Characteristics of Two Patients with Acromesomelic Dysplasia Maroteaux Type with New Mutation in the <i>NRP2</i> Gene.....	141
<b>Kovalenko R.A., Ptashnikov D.A., Cherebillo V.Yu., Kashin V.A.</b> Comparison of the Accuracy and Safety of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Between 3D Printed Navigation Templates and Free Hand Technique.....	49	<b>Bragina S.V., Iskusov P.V., Lapidus D.A., Ivashov A.G., Kuroptev V.G.</b> Unstable Osteosynthesis of a Humeral Diaphyseal Fracture as a Cause of a Pseudoarthrosis and an Extensive Bone Defect (A Case Report).....	150
<b>Golubev G.Sh., Al-hababi A.A.M., Khadi R.A.</b> Assessment of the Patellofemoral Joint Condition and the Possibility of Its Functional Improvement after the Closed Fractures of the Patella.....	61	<b>Belen'kiy I.G.</b> <i>Comment to the Article "Unstable Osteosynthesis of a Humeral Diaphyseal Fracture as a Cause of a Pseudoarthrosis and an Extensive Bone Defect (A Case Report)"</i> .....	158
<b>Chugaev D.V.</b> <i>Comment to the Article "Assessment of the Patellofemoral Joint Condition and the Possibility of its Functional Improvement after the Closed Fractures of the Patella"</i> .....	74	<b>Khominets V.V., Tkachenko M.V., Ivanov V.S., Mukhurya D.Yu.</b> Surgical Treatment of Patient with Advanced Kienböck's Disease: A Case Report.....	163
<b>Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A.</b> The Interzonal Distribution of the Load on the Plantar Surface of the Foot During Walking in the Patients with Cerebral Palsy as an Objective Criterion of Functional Impairment Severity.....	80	REVIEWS	
<b>Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Bortuleva O.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnykin I.Yu., Baskaeva T.V.</b> The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I-II Stage Dysplastic Osteoarthritis.....	93	<b>Kulyaba T.A., Bantser S.A., Trachuk P.A., Vorontsova T.N., Kornilov N.N.</b> The Effectiveness of Various Surgical Techniques in the Treatment of Local Knee Cartilage Lesions (Review).....	170
<b>Akhtyamov I.F.</b> <i>Comment to the Article «The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I-II Stage Dysplastic Osteoarthritis»</i> .....	106	<b>Sereda A.P.</b> Femoroacetabular Impingement: A Natural History.....	182
		OBITUARY	
		<b>Nurlan D. Batpenov</b> .....	193

**Уважаемые Читатели!**

Этот номер журнала не носит тематической направленности, тем интереснее проследить некоторые исследования с точки зрения их перспективы. Одним из направлений современной ортопедии является применение технологий, обеспечивающих точность выполнения операции при соблюдении максимальной ее безопасности. В этом номере представлена статья Р.А. Коваленко с соавторами, посвященная проблеме безопасности закрытого введения транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника путем применения индивидуальных навигационных матриц. Персоналицированные навигационные системы нашли широкое применение в хирургии коленного, плечевого и тазобедренного суставов. Трудно себе представить установку индивидуальных ревизионных имплантатов вертлужной впадины без специально изготовленных направляющих. Проведенное сравнительное исследование еще раз подтвердило высокую результативность и перспективность использования навигационных систем в ортопедии, на этот раз — в хирургии позвоночника.

Одномышечковое эндопротезирование коленного сустава (ОЭКС) является относительно малоинвазивным вмешательством, которое обеспечивает максимальную сохранность анатомических структур, быструю реабилитацию пациентов и сохраняет возможность выполнения стандартной замены коленного сустава. Медиальное ОЭКС давно вошло в практику ортопедических стационаров страны. Тем интереснее опыт применения латерального ОЭКС, представленный Д.В. Чугаевым с соавторами. Полученные результаты первого подобного исследования носят обнадеживающий характер, а более строгие показания к данному виду хирургического лечения позволят значительно отсрочить ревизионное вмешательство.

Одной из актуальных и до конца не решенных проблем является лечение дисплазии и диспластического артроза в детском возрасте. Общеизвестной является тенденция к максимально полному восстановлению анатомии тазобедренного сустава. П.И. Бортулёв с соавторами представили свой опыт хирургического лечения детей в возрасте 13–18 лет путем выполнения корригирующей остеотомии таза и проксимального отдела бедренной кости с акцентом на разрабо-



танную методику восстановительного лечения. Полученные авторами улучшенные функциональные результаты подчеркивают важность реабилитационного лечения. Однако проблемным остается малый срок наблюдения из-за отсутствия преимущественности в лечении детей и взрослых пациентов, что не позволило авторам получить долгосрочные результаты.

По мере увеличения числа выполненных операций первичного эндопротезирования у пациентов со сложной патологией тазобедренного сустава мы все чаще встречаемся с проблемами сложных ревизий, которые, в свою очередь, крайне гетерогенны и трудно поддаются структурированию, особенно в случаях, когда изначально вертлужный компонент был установлен вне истинной локализации вертлужной впадины. Представленный опыт авторов из НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Тихилов Р.М. с соавт.) показывает важность более строгого соблюдения анатомической при установке вертлужного компонента. В этой связи интересна и другая статья, посвященная опыту планирования сложных ревизионных операций с использованием отложенных телеконсультаций (Белов М.В., Рассамахин С.В.). Широкое внедрение цифровых технологий, в том числе при принятии коллективных решений по тактике лечения сложных ортопедических пациентов, позволит существенно снизить число осложнений и улучшить результаты лечения. Это, несомненно, перспективное направление, особенно в условиях больших расстояний нашей страны.

Как показывает опыт, результаты эндопротезирования плечевого сустава далеко не оптимистичны, особенно когда речь идет о последствиях переломов проксимального отдела плечевой кости. Применение реверсивных эндопротезов значительно улучшает результаты лечения, а мио-пластика и миотранспозиция обеспечивают дополнительную стабильность плеча, что подтверждает результаты двухцентрового исследования, основанного на большом клиническом материале (Чирков Н.Н. с соавт.).

Перипротезная инфекция коленного сустава и лечение ее последствий в виде костных дефектов является крайне сложной и трудоемкой задачей. Исследование Л.Н. Соломина с соавторами, которые сравнивают две методики, показало преи-

мущество длинных интрамедуллярных стержней в достижении артродеза коленного сустава в сравнении с чрескостным остеосинтезом по нескольким показателям, что делает этот вариант лечения более привлекательным в клинической практике.

В этом выпуске также представлены несколько интересных клинических наблюдений и два аналитических обзора литературы: «Феморо-ацетабулярный импинджмент: естественная история» А.П. Середы и «Эволюция различных хирургических методик лечения локальных повреждений хряща коленного сустава» Т.А. Кулябы с соавторами.

Надеюсь, что материалы третьего выпуска будут интересны и полезны нашим читателям.

*С уважением,  
главный редактор журнала  
«Травматология и ортопедия России»  
профессор Р.М. Тихилов*



## Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента

Р.М. Тихилов<sup>1</sup>, А.А. Джавадов<sup>1</sup>, А.С. Карпухин<sup>1,2</sup>, А.Г. Ваграмян<sup>3</sup>, К.А. Демьянова<sup>4</sup>, И.И. Шубняков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, г. Чебоксары, Россия

<sup>3</sup> Медицинский центр «Шенгавит», г. Ереван, Республика Армения

<sup>4</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

Тотальная замена тазобедренного сустава при выраженной степени дисплазии относится к сложным случаям эндопротезирования. Одним из вариантов фиксации вертлужного компонента при выраженной дисплазии является установка чашки в ложную вертлужную впадину. Наряду с этим ревизионные операции при изначально установке ацетабулярного компонента в ложную вертлужную впадину отличаются высокой сложностью. **Цель исследования** — изучить особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с расшатыванием вертлужного компонента, которым изначально по поводу диспластического артроза чашка была установлена в ложную вертлужную впадину. **Материал и методы.** Выполнена оценка клинико-функциональных результатов и осложнений после 44 ревизионных операций, проведенных одной хирургической бригадой с 2001 по 2019 г. Кроме того, был выполнен анализ влияния расположения вертикального и горизонтального центров ротации вертлужного компонента после первичной операции на долгосрочную выживаемость имплантатов и величины предоперационного краниального смещения центра ротации бедренного компонента от анатомического на тактику оперативного лечения. **Результаты.** Наиболее часто при замене вертлужного компонента использовалась комбинация высокопористой чашки с аугментом (24 случая; 54,5%). Осложнения после ревизии были выявлены у 6 (13,6%) больных. Значения шкал Oxford Hip Score, EQ-5D, ВАШ общего здоровья и ВАШ боли демонстрировали зависимость от позиционирования центра ротации эндопротеза тазобедренного сустава (ТБС) в послеоперационном периоде в пределах до 10 мм от анатомического центра ротации. Отношение шансов для ревизии в сроки менее 10 лет при горизонтальной позиции центра ротации 40 мм и более после первичной операции было равно 14,571 (95% ДИ от 1,682 до 126,249;  $p = 0,011$ ). Средняя величина дистального смещения центра ротации после операции составила 32,0 мм (min-max -4,7–90,3 мм; Me 23,9 мм), среднее остаточное смещение центра ротации после операции составило 6,2 мм (min-max -10,8–32,1 мм; Me 4,75 мм) При стандартном доступе отмечалось меньшее дистальное перемещение центра ротации, чем при использовании различных вариантов остеотомии — 26,1 мм (min-max -4,7–77,2; Me 19,1 мм) и 41,2 мм (min-max 10,8–90,3 мм; Me 36 мм) соответственно,  $p = 0,021$ . При сохранении хорошо фиксированной ножки протеза средняя величина дистального смещения бедра составила 23,8 мм, а при удалении ножки — 35,0 мм. **Заключение.** Значение горизонтального центра ротации 40 мм и более влияет на долгосрочную выживаемость имплантата. При необходимости значительного низведения бедра (более 30 мм) с наличием хорошо фиксированного бедренного компонента целесообразно использовать доступ с расширенной вертельной остеотомией или укорачивающей остеотомией бедра. Установка вертлужного компонента в область истинной вертлужной впадины на фоне ослабленной кости требует расширенной фиксации винтами, поэтому использование кастомизированных имплантатов, изготовленных методом 3D-печати, имеет потенциальные преимущества.

**Ключевые слова:** ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава, дисплазия, высокий центр ротации, остеотомия, индивидуальные имплантаты.

Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Карпухин А.С., Ваграмян А.Г., Демьянова К.А., Шубняков И.И. Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-9-20.

**Cite as:** Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Karpukhin A.S., Vahramyan A.G., Demyanova K.A., Shubnyakov I.I. [Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What's Special?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):9-20. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-9-20.

✉ Джавадов Алисагиб Аббасович / Alisagib A. Dzhavadov; e-mail: alisagib.dzhavadov@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 13.07.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 10.08.2020.

## Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What's Special?

R.M. Tikhilov<sup>1</sup>, A.A. Dzhabadov<sup>1</sup>, A.S. Karpukhin<sup>1,2</sup>, A.G. Vahramyan<sup>3</sup>, K.A. Demyanova<sup>4</sup>, I.I. Shubnyakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

<sup>3</sup> Shengavit Medical Center, Yerevan, Republic of Armenia

<sup>4</sup> Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Total hip arthroplasty with a severe dysplasia refers to complex cases of joint replacement. One of the options for fixation of the acetabular component in this situation is to place the cup in the false acetabulum. Revisions in case of the acetabular component initial placement into the false acetabulum are highly complex. **The purpose** — to study the features of revision hip arthroplasty in the patients with dysplastic arthritis and loosening of the acetabular component initially placed in the false acetabulum. **Materials and Methods.** The clinical and functional results and complications were evaluated after 44 revisions performed by one surgical team from 2001 to 2019. How the position of vertical and horizontal centers of rotation of acetabular component after primary arthroplasty influenced the long-term survival of implants was analyzed. The degree of impact of the preoperative cranial displacement from the anatomical position of the femoral component center of rotation impact on surgical tactics was also investigated. **Results.** A combination of a highly porous cup with augment was used most frequently for acetabular component replacement (24 cases; 54.5%). Complications after the revision were detected in 6 (13.6%) patients. The values of the Oxford Hip Score, EQ-5D, VAS general health, and VAS pain depended on the postoperative position of the hip prosthesis center of rotation within 10 mm from the anatomical center. The odds ratio for the revision performed less than 10 years after the primary arthroplasty in the patients with a horizontal position of the center of rotation of 40 mm or more was equal to 14.571 (95% CI from 1.682 to 126.249;  $p = 0.011$ ). The average value of the distal displacement of the center of rotation after the surgery was 32.0 mm (min-max 4.7 to 90.3 mm; Me 23.9 mm), the average residual displacement of the center of rotation after the surgery was 6.2 mm (min-max 10.8 to 32.1 mm; Me 4.75 mm). The standard approach was characterized by a lesser distal displacement of the center of rotation than various osteotomy options: 26.1 mm (min-max 4.7 to 77.2; Me 19.1 mm) vs 41.2 mm (min-max 10.8 to 90.3 mm; Me 36 mm), respectively ( $p = 0.021$ ). A well-fixed stem preservation resulted in the mean distal displacement of the femur of 23.8 mm, the stem removed — of 35.0 mm. **Conclusion.** A horizontal center of rotation displacement of 40 mm or more affects the long-term survival of the implant. When the significant lowering of the femur is required (more than 30 mm) and a well-fixed femoral component is preserved, it is advisable to use the approach with extended trochanteric osteotomy or shortening femoral osteotomy. The acetabular component placement into the true acetabulum with weakened bone requires extended screw fixation. In this situation the use of individual 3D-printed implants has potential benefits.

**Keywords:** revision hip arthroplasty, hip dysplasia, high center of rotation, osteotomy, individual implants.

### Введение

Сложности эндопротезирования тазобедренного сустава при диспластическом коксартрозе большинство исследователей связывает с тяжелыми анатомическими нарушениями со стороны как вертлужной впадины, так и бедренной кости, а также значительным укорочением конечности [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Одним из вариантов компромиссного решения при выраженной дисплазии, позволяющего избежать излишнего удлинения конечности и улучшить условия фиксации вертлужного компонента, рассматривается установка чашки в так называемое «высокое» положение [2, 7, 8, 9, 10]. В то же время в большинстве публикаций подчеркивается важность установ-

ки вертлужного компонента строго в анатомическую позицию в связи с более высоким процентом расшатывания высоко установленных чашек или выраженными биомеханическими нарушениями и слабостью отводящего аппарата [3, 11, 12, 13]. Однако понимание анатомической позиции, представленное в литературе, весьма вариативно. Так, M.W. Pagnano с соавторами считают допустимым краниальное и латеральное смещение в пределах 10 мм от приблизительного анатомического центра ротации [14]. В дальнейшем эта же группа авторов расширила допустимые границы до 15 мм от приблизительного анатомического центра ротации или в пределах 35 мм от линии, соединяющей «фигуры слезы» [15], как

это было предложено для ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава (ТБС) [16]. Значительно чаще в публикациях вообще не оговаривается, с какой величины краниального смещения начинается высокий центр ротации [10, 17, 18, 19].

В литературе встречаются единичные публикации, однозначно показывающие более частое расшатывание вертлужного компонента при его краниальном смещении [14]. Большинство же авторов указывают на опасность латеральной или верхне-латеральной установки чашки [20, 21]. Более того, имеется немало работ, демонстрирующих выдающиеся показатели выживаемости чашки в сроки 10–15 лет [9, 20, 22, 23, 24, 25], учитывая увеличение площади контакта вертлужного компонента с костью при его краниальном смещении [26, 27]. К тому же современные исследования указывают на отсутствие нарушений походки у пациентов с двусторонней дисплазией при высоком расположении вертлужного компонента [28]. Тем не менее ревизионные операции при изначальной установке чашки в «ложную» вертлужную впадину отличаются высокой сложностью [29] и имеют несколько важных для хирурга моментов: оценка качества костной ткани, оптимальное расположение вертлужного компонента, рациональный доступ и отношение к хорошо фиксированному бедренному компоненту. В данной работе мы предприняли попытку изучить особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с расшатыванием вертлужного компонента, которым изначально по поводу диспластического артроза чашка была установлена в ложную вертлужную впадину.

**Цель исследования** — изучить особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с расшатыванием вертлужного компонента, которым изначально по поводу диспластического артроза чашка была установлена в ложную вертлужную впадину.

В исследовании были поставлены следующие вопросы: зависит ли выживаемость вертлужного компонента от величины краниального смещения; всегда ли нужно переустанавливать вертлужный компонент в анатомическую позицию; всегда ли можно обойтись «стандартными» ревизионными конструкциями; какой доступ является оптимальным с учетом возможного изменения плана операции.

## Материал и методы

**Дизайн исследования:** когортное ретроспективное поперечное.

В исследование были включены пациенты, проходившие лечение **Критерии включения:** ревизия, выполняемая вследствие асептического расшатывания ацетабулярного компонента, уста-

новленного в ложную вертлужную впадину при первичной операции по поводу диспластического коксартроза.

## Пациенты

В НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в период с 2001 по 2019 г. находился под наблюдением 41 пациент (3 мужчин и 38 женщин), которому одной хирургической бригадой были выполнены 44 ревизионные операции (у 3 больных операция выполнялась с двух сторон). Средний возраст пациентов на момент ревизии составил 61,1 год (от 35 до 82 лет). В 13 наблюдениях (29,5%) ранее уже выполнялись ревизионные операции, из них в 4 случаях это была установка спейсера по поводу перипротезной инфекции (ППИ). Срок, прошедший с момента первичного эндопротезирования до первой ревизии, колебался в очень широких пределах от 1 года до 33 лет и в среднем составил 10,4 года (95% ДИ от 8,2 до 12,7 лет, Ме 8 лет).

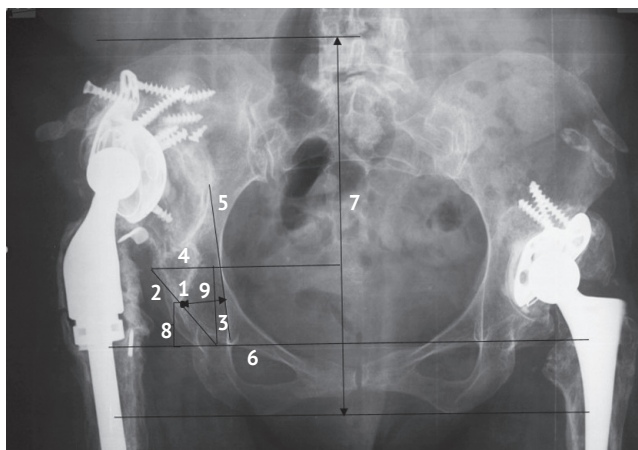
Результаты ревизии были оценены у всех пациентов в сроки от 1 года до 18 лет. Одна пациентка умерла через 13 лет после ревизионной операции по причинам, не связанным с операцией.

## Методика рентгенометрического анализа

Измерения на рентгенограммах проводились с использованием программного пакета Weasis 2.0.3 (свободный доступ). При рентгенометрическом анализе для каждого случая по методу Ranawat [30] определялся анатомический центр ротации (рис. 1) и оценивалось его вертикальное и горизонтальное положение.

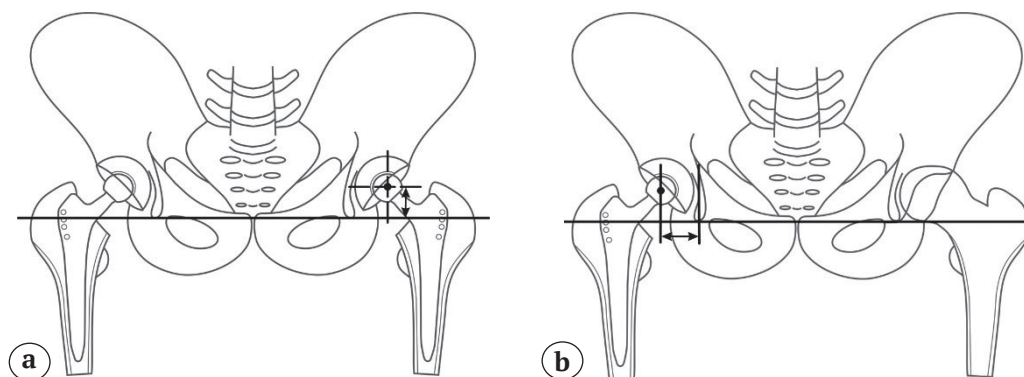
Масштабирование обзорных рентгенограмм таза для определения вертикального и горизонтального смещения центра ротации установленного вертлужного компонента проводилось по известному диаметру головки эндопротеза. Вертикальное положение центра ротации определялось от центра ротации вертлужного компонента до линии, соединяющей «фигуры слезы». Значение горизонтального положения центра ротации равнялось расстоянию между двумя перпендикулярами, построенными через центр ротации сустава и верхушку «фигуры слезы» к линии, соединяющей «фигуры слезы» [31] (рис. 2).

В случае смещения вертлужного компонента вследствие расшатывания дополнительно производилось компьютерное моделирование с перемещением виртуальной чашки соответствующего диаметра в изначальную позицию (визуализировалась на рентгенограммах в 100% случаев). В таких случаях отдельно оценивались позиция центра ротации после первичной операции и позиция центра ротации, сформировавшегося в результате смещения чашки (рис. 3).



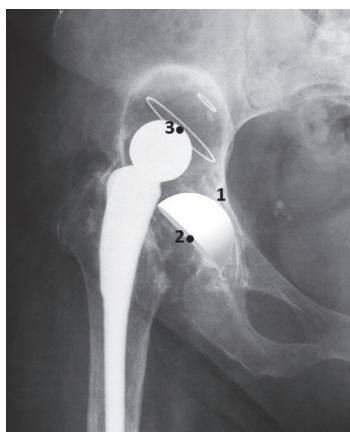
**Рис. 1.** Методика определения центра ротации по Ranawat. Истинный центр ротации (1), располагается в центре гипотенузы (2), которая соединяет конечные точки перпендикулярной (3) и параллельной (4) линий. Перпендикулярная линия проводится в 5 мм от линии Келлера (5) и перпендикулярна линии, соединяющей «фигуры слезы» (6). Параллельная линия проводится над линией, соединяющей «фигуры слезы» на расстоянии, равном 20% от всей высоты таза (7). Вертикальный (8) и горизонтальный (9) центры ротации равны расстоянию от истинного центра ротации до линии, соединяющей «фигуры слезы» и линии Келлера соответственно

**Fig. 1.** Technique for determining the center of rotation by Ranawat. The true center of rotation (1) is located in the center of the hypotenuse (2), which connects the end points of the perpendicular (3) and parallel (4) lines. The perpendicular line is drawn 5 mm from the Kohler line (5) and is perpendicular to interteardrop line (6). A parallel line is drawn above the interteardrop line at a distance equal to 20% of the entire height of the pelvis (7). The vertical (8) and horizontal (9) rotation centers are equal to the distance from the true rotation center to the interteardrop line and the Kohler line respectively



**Рис. 2.** Схема определения центра ротации вертлужного компонента на обзорной рентгенограмме: а – вертикального; б – горизонтального [31]

**Fig. 2.** The scheme of the acetabular component center of rotation determination on the direct X-ray: а – vertical; б – horizontal [31]



**Рис. 3.** Результаты компьютерного моделирования центра ротации после первичного эндопротезирования ТБС:  
1 – виртуальная чашка;  
2 – позиция центра ротации вертлужного компонента после первичной операции;  
3 – позиция центра ротации вертлужного компонента в результате смещения

**Fig. 3.** The computer modeling of the center of rotation after primary hip arthroplasty:  
1 – virtual cup;  
2 – the position of the acetabular component center of rotation after the primary arthroplasty;  
3 – the position of the acetabular component center of rotation as a result of displacement

Для понимания необходимого удлинения конечности во время ревизии и определения необходимой величины дистального перемещения центра ротации оценивали величину его краниального смещения. Краниальное смещение определялось как расстояние от центра головки бедренного компонента эндопротеза до анатомического центра ротации, поскольку в ряде случаев центры ротации вертлужного и бедренного компонентов могут не совпадать вследствие вывиха или пенетрации головки в полиэтиленовый вкладыш. После операции определяли остаточное краниальное смещение центра ротации.

Дефекты костной ткани вертлужной впадины оценивались по классификации W. Paprosky.

### Оценка результатов

Для клиничко-функциональной оценки результатов использовались шкалы функции тазобедренного сустава Oxford Hip Score, качества жизни EQ-5D, ВАШ общего здоровья и ВАШ боли.

### Статистический анализ

Статистическая обработка выполнялась с помощью программного пакета Past 3.14. Для количественных показателей после проверки на нормальность распределения использовались параметрический критерий Стьюдента и непараметрический критерий Манна–Уитни. Для качественных показателей применялся комплекс непараметрических критериев:  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  с поправкой Йетса, критерий Фишера. Также производился расчет отношения рисков (OR) с 95% ДИ.

### Результаты

#### Рентгенометрический анализ

Истинный центр ротации располагался в среднем на расстоянии 19,7 мм по вертикали (min-max 14,8–26,7 мм; Me 19,3 мм) и 24,7 мм по горизонтали (min-max 19,9–30,6 мм; Me 24,6 мм). Изначальная вертикальная позиция центра ротации после первичного эндопротезирования составила в среднем 45,7 мм (min-max 27,1–67,4 мм; Me 43 мм). Изначальная горизонтальная позиция центра ротации составила в среднем 36,2 мм (min-max 24,1–57,2 мм; Me 35,6 мм). Значимой корреляции между вертикальным и горизонтальным смещением и сроком от первичной операции до первой ревизии обнаружено не было, но в случае выраженной латерализации центра ротации существенно возрастает риск ревизии в первые 10 лет. В нашем исследовании при горизонтальной позиции центра ротации более 40 мм только один эндопротез прослужил более 10 лет, а 12 подверглись ревизии в сроки от 1 до 8 лет, в то

время как при меньшей латерализации в 17 случаях протезы функционировали 10 и более лет, а в 14 случаях ревизия проводилась в более ранние сроки. Отношение шансов для ревизии в сроки менее 10 лет при горизонтальной позиции центра ротации 40 мм и более составляет OR = 14,571 (95% ДИ от 1,682 до 126,249;  $p = 0,011$ ). Вертикальная позиция центра ротации не оказывала такого влияния на долгосрочную эффективность. Среднее значение у пациентов со сроками ревизии от 1 до 9 лет составило 46,6 мм (min-max 27,1–63,6 мм; Me 45,3 мм), а при сроках ревизии от 10 лет и более — 44,5 мм (min-max 30,7–67,4 мм; Me 44 мм);  $p = 0,34$ . Таким образом, согласно нашим данным, горизонтальная позиция центра ротации более 40 мм при эндопротезировании ТБС у пациентов с диспластическим коксартрозом негативно влияет на долгосрочную выживаемость в отличие от вертикального центра ротации.

#### Хирургические особенности

В процессе функционирования эндопротеза в 23 из 44 случаев (52,3%) увеличилось краниальное смещение центра ротации вследствие расшатывания вертлужного компонента, а также подвывиха или вывиха головки. В результате краниальное смещение центра ротации от истинного центра ротации перед ревизией составило в среднем 38,1 мм (min-max 13,5–88,0 мм; Me 35,9). Во всех наблюдениях имелись тяжелые дефекты костной ткани вертлужной впадины: в 38 случаях — тип 3А (86,4%), в 3 случаях — тип 3В (6,8%) и еще у троих — тип 3В с признаками нарушения целостности тазового кольца (6,8%).

Операция выполнена через стандартный доступ Хардинга в 27 (61,4%) наблюдениях, в 7 (15,9%) случаях для удаления бедренного компонента использовалась расширенная бедренная остеотомия и в 10 (22,7%) случаях для оптимального восстановления центра ротации применялось сочетание удаления бедренного компонента с укорачивающей остеотомией бедра и дистальным перемещением фрагмента большого вертела (по типу операции Paavilainen). Наиболее часто при замене вертлужного компонента использовалась комбинация высокопористой чашки с аугментом (24 случая, 54,5%), в том числе в 6 (13,6%) наблюдениях применялись индивидуально изготовленные аугменты. В 12 (27,3%) наблюдениях применялась только многодырчатая полусферическая чашка, в одном (2,3%) наблюдении — cup-cage и трехфланцевый индивидуально изготовленный имплантат — в 7 случаях (15,9%). У 7 (15,9%) пациентов использовалась костная пластика аллостружкой и в одном (2,3%) случае — массивный аллотрансплантат (табл. 1).

Таблица 1

## Краниальное смещение центра ротации на момент ревизии и возможности его восстановления в зависимости от хирургических технологий

Хирургические технологии	Сохранение бедренного компонента эндопротеза	Удаление бедренного компонента			Итого
		через стандартный доступ	с расширенной бедренной остеотомией	с укорачивающей остеотомией типа Paavilainen	
Полусферическая чашка с большим количеством винтов, <i>n</i> (%)	3 (6,8)	7 (15,9)	–	2 (4,5)	12 (27,3)
Смещение до ревизии / дистальное перемещение / остаточное смещение, мм	24,7 / 20,9 / 3,9	28,4 / 13,7 / 14,7	–	62,4 / 70,7 / -8,3	34,4 / 24,8 / 9,7
Аугмент и полусферическая чашка, <i>n</i> (%)	6 (13,6)	4 (9,1)	7 (15,9)	7 (15,9)	24 (54,5)
Смещение до ревизии / дистальное перемещение / остаточное смещение, мм	34,1 / 26,1 / 8,7	34,6 / 22,9 / 11,7	38,6 / 36,7 / 1,9	38,6 / 33,8 / 4,8	36,8 / 30,9 / 5,9
Сур-сage система, <i>n</i> (%)	1 (2,3)	–	–	–	1 (2,3)
Смещение до ревизии / дистальное перемещение / остаточное смещение, мм	35,6 / 19,8 / 15,8	–	–	–	38,3 / 19,8 / 18,5
Трехфланцевая индивидуальная конструкция, <i>n</i> (%)	2 (4,5)	4 (9,1)	–	1 (2,3)	7 (15,9)
Смещение до ревизии / дистальное перемещение / остаточное смещение, мм	31,8 / 23,1 / 8,7	54,8 / 57,9 / -3,1	–	62,9 / 66,1 / -3,2	49,4 / 49,7 / -0,3
Всего	12 (27,3)	15 (34,1)	7 (15,9)	10 (22,7)	44 (100)
Смещение до ревизии / дистальное перемещение / остаточное смещение, мм	31,5 / 23,8 / 7,8	36,8 / 25,1 / 11,6	38,6 / 36,7 / 1,9	45,8 / 44,4 / 1,4	38,1 / 32,0 / 6,2

В ходе ревизии величина дистального перемещения центра ротации значительно колебалась (от -4,7 мм до 90,3 мм) в зависимости от хирургического доступа, сохранения или замены бедренного компонента и используемых вертлужных конструкций. Средняя величина дистального смещения центра ротации составила 32,0 мм (min-max -4,7–90,3 мм; Me 23,9 мм), среднее остаточное смещение центра ротации после операции составило 6,2 мм (min-max -10,8–32,1 мм; Me 4,75 мм). Не было статистически значимой разницы в изначальном краниальном смещении центра ротации между наблюдениями с использованием стандартного доступа и применением расширенной бедренной остеотомии или вариантов укорачивающей остеотомии с дистальным перемещением большого вертела (по типу операции Paavilainen),  $p = 0,173$ . Однако при стандартном доступе отмечалось меньшее

дистальное перемещение центра ротации, чем при использовании различных вариантов остеотомии — 26,1 мм (min-max -4,7–77,2 мм; Me 19,1 мм) и 41,2 мм (min-max 10,8–90,3 мм; Me 36 мм) соответственно;  $p = 0,021$ . Это привело к большему среднему остаточному смещению 9,0 мм (min-max -5,9–32,1 мм; Me 10,3) в сравнении с 1,6 мм (min-max -10,8–30,7 мм; Me 1,6 мм);  $p = 0,023$ .

Отношение шансов для сохранения остаточного краниального смещения центра ротации при использовании стандартного доступа в сравнении с доступами с остеотомией составляет OR = 2,857 (95% ДИ от 0,815 до 10,015),  $p = 0,178$ .

Расшатывание бедренного компонента до ревизии наблюдалось в 9 (20,5%) случаях и еще у 3 (6,8%) ранее по поводу ППИ был установлен артикулирующий спейсер. В 30 (68,2%) наблюдениях бедренный компонент был хорошо фиксирован, однако сохранить его удалось только в 12 из них

(40%). В остальных случаях потребовалось его удаление в связи со значительным краниальным смещением центра ротации сустава. Таким образом, замена бедренного компонента была выполнена в 32 (72,7%) наблюдениях. Для замены бедренного компонента чаще всего использовали коническую и ревизионную ножки Wagner — в 14 (43,8%) и 11 (34,4%) случаях соответственно. Значительно реже применялись стандартная и ревизионная версии ножек Zweimuller — 4 (12,5%) и 3 наблюдения (9,4%) соответственно.

**Клинико-функциональные результаты и осложнения**

Функциональный статус пациентов согласно опроснику Oxford Hip Score на момент осмотра колебался в пределах возможных показателей от 12 до 48 баллов, при этом среднее значение составило 35,4 балла (min-max 12–48; Me 36 баллов). Зависимость клинико-функциональных результатов от степени смещения центра ротации дистально выявить не удалось.

Значения шкал Oxford Hip Score, EQ-5D, ВАШ общего здоровья, ВАШ боли демонстрировали зависимость от позиционирования центра ротации эндопротеза ТБС в послеоперационном периоде в пределах до 10 мм от анатомического центра ротации и краниальнее 10 мм от анатомического центра ротации (табл. 2.).

Отмечалась корреляция между возрастом пациентов и степенью их удовлетворенности результатами операции;  $R = 0,413$ ;  $p = 0,01$ . Пациенты старшего возраста в целом были более удовлетворены результатом лечения.

Осложнения выявлены у 6 (13,6%) больных: в 3 случаях — расшатывание чашки, в двух — рецидивирующий вывих бедра и в одном — рецидив ППИ. Всем пациентам проведено хирургическое лечение, которое включало замену вертлужного компонента в трех случаях, установку систе-

мы двойной мобильности (при вывихах бедра) в двух наблюдениях и двухэтапную хирургическую обработку инфицированного сустава у одной пациентки.

**Обсуждение**

Вопрос о позиции вертлужного компонента у пациентов с выраженной дисплазией ТБС остается одним из самых обсуждаемых [9, 32]. Сторонники размещения центра ротации в области истинной впадины считают основными преимуществами такой техники восстановление нормальной биомеханики, оптимальной амплитуды движений и лучшие показатели выживаемости эндопротеза [33, 34, 35]. Однако данные литературы [36, 37] и наше исследование не выявили связи сроков выживаемости с величиной краниального смещения.

Хирургическое лечение при расшатывании ранее высоко установленных вертлужных компонентов является сложной задачей по нескольким причинам. У 86,4% больных имелся дефект вертлужной впадины 3А, у 6,8% пациентов — 3В и у 6,8% — 3В тип дефекта с нарушением целостности тазового кольца. Однако в отличие от классического 3А дефекта, связанного с остеолитом корректно установленной чашки, расшатывание имплантата, установленного в ложную вертлужную впадину, приводит к большей потере костной ткани, прогрессивной краниализации бедра, при этом дистально расположенная истинная вертлужная впадина характеризуется рудиментарностью, выраженным остеопорозом, но сохранением жизнеспособной кости. Поэтому основной задачей при планировании операции является определение оптимального положения вертлужного компонента, обеспечивающего максимальный контакт с сохранившейся костной тканью в расчете на достижение вторичной остеоинтеграции. У 12 пациентов этого удалось добиться путем

Таблица 2

**Зависимость клинико-функциональных результатов от позиционирования центра ротации**

Шкала	<i>p</i>	Центр ротации в пределах 10 мм среднее / Me (min-max)	Центр ротации проксимальнее 10 мм среднее / Me (min-max)
OHS	0,08	37,6 / Me 37 (22–48)	32,2 / Me 30 (12–46)
EQ-5D	<0,05	0,67 / Me 0,59 (0,49–1,00)	0,55 / Me 0,52 (–0,04–1,00)
ВАШ общего здоровья	<0,05	75,2 / Me 70 (50–100)	64,1 / Me 70 (30–90)
ВАШ боли	0,06	15,6 / Me 10 (0–40)	29,4 / Me 20 (0–80)

применения высокопористых многодырчатых чашек с заполнением кавитарных дефектов костной аллоструктурой. Ревизионные чашки из трабекулярного металла имеют определенные преимущества в связи с возможностью формирования дополнительных отверстий и установки на цемент систем двойной мобильности. Наш опыт показал, что не всегда нужно устанавливать чашку в строго анатомическое положение. Нередко оптимальное положение определяется хирургом в ходе операции, тем не менее средняя величина остаточного проксимального смещения центра ротации от анатомического после ревизии составила всего лишь 6,2 мм. Второй важный вопрос — каким образом заместить дефект вертлужной впадины и создать хороший торцевой упор для чашки? Применение массивных аллотрансплантатов в отдаленном периоде сопровождается потерей их механических свойств и расшатыванием конструкций, а использование опорных колец не позволяет достичь остеоинтеграции, что опять же ведет к их расшатыванию. Оптимальным выбором в условиях скомпрометированной костной ткани является применение металлических высокопористых аугментов, мы их использовали в 54% случаев. Сложный рельеф дефекта вертлужной впадины, крайне ограниченный запас сохранившейся костной ткани и современные возможности визуализации и 3D-моделирования делают возможным изготовление индивидуальных аугментов, которые применялись в 13,6% случаев. Как видно из приведенных результатов, новый центр ротации располагался дистальнее ранее установленного при первичном эндопротезировании в среднем на 32 мм (колебания составили от -4,7 до 90,3 мм). При сохранении хорошо фиксированной ножки протеза средняя величина дистального смещения бедра составила 23,8 мм, а при удалении ножки — 35,0 мм. Поэтому при планировании низведения центра ротации больше чем на 25–30 мм необходимо выполнять переустановку бедренного компонента, что создает дополнительные трудности во время операции и делает реабилитацию более продолжительной.

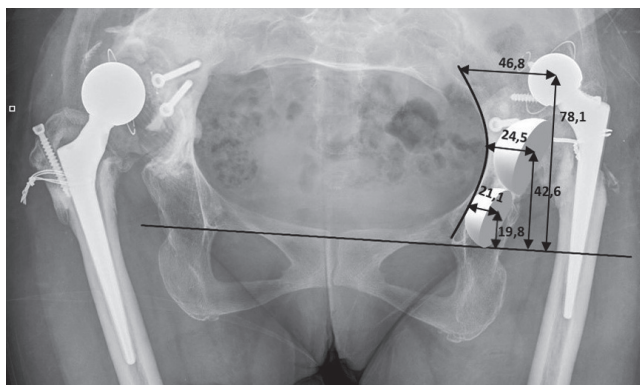
Особую сложность представляют больные с типом 3В дефекта и в сочетании с нарушением целостности тазового кольца. Небольшое количество наблюдений и выраженная гетерогенность анатомических изменений не позволяют провести полноценный анализ результатов, однако даже небольшое количество операций при данной патологии свидетельствует о необходимости применения более сложных конструкций вертлужного компонента: в 4 случаях мы использовали индивидуально изготовленные имплантаты и по одному разу — cup-cage и ревизионную чашку из трабекулярного металла в комбинации с двумя аугментами.

Основной целью нашей работы было показать технические особенности ревизионных операций при высоком расположении чашки, что в совокупности с ретроспективным дизайном исследования, не позволяет провести сравнение результатов до и после операции. Однако функциональные показатели достаточно сильно зависели от положения центра ротации сустава. Оптимальный допустимый уровень проксимального смещения составил 10 мм. Фактор сохранения или переустановки ножки как таковой не оказывал сильного влияния: более важной была позиция центра ротации.

Формат исследования не позволяет высказаться относительно того, как часто установка вертлужного компонента в ложную вертлужную впадину приводит к расшатыванию в сравнении с установкой в анатомическую позицию, по нашим данным средний срок до первой ревизии составил 8,2 года. Однако однозначно можно сделать вывод о том, что при диспластическом коксартрозе типа C2 по Hartofilakidis установка чашки в ложную вертлужную впадину приводит к быстрому расшатыванию, а высокое положение центра ротации создает дополнительные технические трудности в связи с дефицитом костной ткани и высоким расположением ножки эндопротеза. Одним из примеров является следующее клиническое наблюдение.

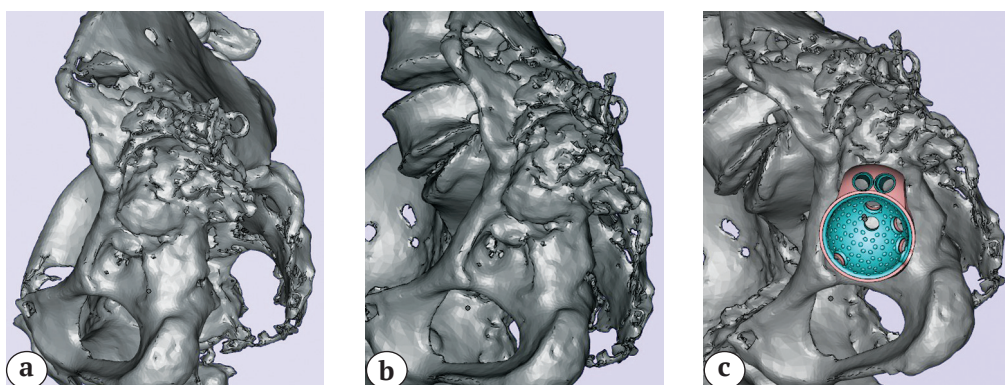
Большая 46 лет обратилась в клинику по поводу левого синдрома и выраженного нарушения функции обоих тазобедренных суставов. Из анамнеза — первичное эндопротезирование тазобедренных суставов по поводу врожденного вывиха бедра (тип C2) выполнено поэтапно 1,5 и 1 год назад. Через несколько месяцев после операции появились вышеназванные жалобы, которые и явились причиной госпитализации. Анализ представленных рентгенограмм показал следующее: чашка эндопротеза слева изначально установлена в ложную вертлужную впадину (это видно по остаткам цемента) со смещением центра ротации от истинного вверх и латерально на 22,8 и 3,4 мм соответственно. На момент госпитализации произошло дальнейшее смещение цементной чашки в краниальном направлении, и разница между истинным центром ротации и центром головки эндопротеза уже составила 58,3 мм (рис. 4). После 3D-реконструкции вертлужной впадины (рис. 5 а, б) и оценки состояния костной ткани план операции включал установку индивидуально изготовленной фланцевой чашки в анатомическое положение (рис. 5 с), при этом дистальное смещение существующего центра ротации должно было составить 58,3 мм. Учитывая время, прошедшее после предшествующей операции, необходимость большой дистализации бедра и состояние мягких тканей, принято решение о переустановке бедренного компонента с укорочением бедра на 46,2 мм. Попытка низвести большой вертел во время операции оказалась безуспешной из-за выраженных рубцов (рис. 6).





**Рис. 4.** Значения планируемого, первичного и имеющегося вертикального и горизонтального центров ротации в миллиметрах на обзорной рентгенограмме пациентки 46 лет

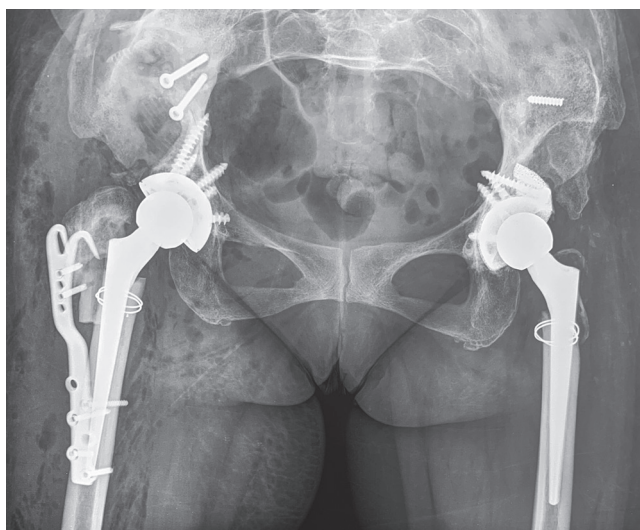
**Fig. 4.** The values of the planned, primary and actual vertical and horizontal centers of rotation in mm on the frontal X-ray of a 46-year-old female patient



**Рис. 5.** Этапы трехмерного планирования ревизионной операции пациентки 46 лет:

a, b — реконструкция таза; c — план имплантации индивидуальной конструкции в анатомическое положение

**Fig. 5.** The stages of three-dimensional planning of the revision arthroplasty for a 46-year-old female patient: a, b — reconstruction of the pelvis; c — plan of the individual design implantation in the anatomical position



**Рис. 6.** Обзорная рентгенограмма пациентки 46 лет на следующий день после ревизионной операции

**Fig. 6.** The frontal X-ray of a 46-year-old female patient the day after the revision

Аналогичная операция выполнена на правом тазобедренном суставе в июне 2020 г. (это наблюдение не вошло в исследование). Причиной столь сложной ревизионной операции явилась установка чашки в ложную впадину с компенсаторным высоким расположением бедренного компонента.

Таким образом, при всей привлекательности установки чашки в ложную вертлужную впадину при первичном эндопротезировании по поводу тяжелой дисплазии необходимо понимать, что возможные ревизионные операции будут сопровождаться значительными техническими сложностями. При необходимости значительного низведения бедра (более 30 мм) с наличием хорошо фиксированного бедренного компонента целесообразно использовать доступ с расширенной вертельной остеотомией или укорачивающей остеотомией бедра. Установка вертлужного компонента в область истинной вертлужной впадины на фоне ослабленной кости требует расширенной фиксации винтами, поэтому использование кастомизированных имплантатов, изготовленных методом 3D-печати, имеет потенциальные преимущества.

**Этика публикации**

Пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию клинических наблюдений.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

**Вклад авторов**

*Тихилов Р.М.* — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация и анализ полученных данных, редактирование

*Джавадов А.А.* — сбор и обработка материала, проведение исследований, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста

*Карпунин А.С.* — сбор материала

*Ваграмян А.Г.* — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование

*Демьянова К.А.* — подготовка обзорной литературы.

*Шубняков И.И.* — координация участников исследования, интерпретация и анализ полученных данных, статистическая обработка полученных данных, редактирование.

**Литература [References]**

1. Hartofilakidis G., Karachalios T. Total hip arthroplasty for congenital hip disease. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(2):242-250. doi: 10.2106/00004623-200402000-00005.
2. Dapuzzo M.R., Sierra R.J. Acetabular considerations during total hip arthroplasty for hip dysplasia. *Orthop Clin North Am.* 2012;43(3):369-375. doi: 10.1016/j.ocl.2012.05.012.
3. Greber E.M., Pelt C.E., Gililand J.M., Anderson M.B., Erickson J.A., Peters C.L. Challenges in Total Hip Arthroplasty in the Setting of Developmental Dysplasia of the Hip. *J Arthroplasty.* 2017;32(9S):38-44. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.024.
4. Gustke K. The dysplastic hip: not for the-36. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32899.
5. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Плиев Д.Г., Шубняков М.И., Ваграмян А.Г., Авдеев А.И. Имеется ли клинический смысл в разделении врожденного вывиха бедра у взрослых на типы C1 и C2 по Hartofilakidis? *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(3):9-24. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-9-24. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Pliev D.G., Shubnyakov M.I., Vahramyan A.G., Avdeev A.I. [Is the Any Clinical Importance for Separation Congenitally Dislocated Hip in Adults into Types C1 and C2 by Hartofilakidis?]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):9-24. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-9-24.
6. Абельцев В.П. Диспластический коксартроз: спираль развития его лечения. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2015;(4):9-15. Abel'tsev V.P. [Dysplastic coxarthrosis: a spiral of development of his treatment]. *Vestnik traumatologii*

- i orthopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2015;(4):9-15. (In Russian).
7. Schutzer S.F., Harris W.H. High placement of porous-coated acetabular components in complex total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1994;9(4):359-367. doi: 10.1016/0883-5403(94)90045-0.
8. Tözün I.R., Beksaç B., Sener N. [Total hip arthroplasty in the treatment of developmental dysplasia of the hip]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41 Suppl 1:80-86. (In Turkish).
9. Montalti M., Castagnini F., Giardina F., Tassinari E., Biondi F., Toni A. Cementless Total Hip Arthroplasty in Crowe III and IV Dysplasia: High Hip Center and Modular Necks. *J Arthroplasty.* 2018;33(6):1813-1819. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.041.
10. Chen M., Luo Z.L., Wu K.R., Zhang X.Q., Ling X.D., Shang X.F. Cementless Total Hip Arthroplasty With a High Hip Center for Hartofilakidis Type B Developmental Dysplasia of the Hip: Results of Midterm Follow-Up. *J Arthroplasty.* 2016;31(5):1027-1034. doi: 10.1016/j.arth.2015.11.009.
11. Jerosch J., Steinbeck J., Stechmann J., Güth V. Influence of a high hip center on abductor muscle function. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1997;116(6-7):385-389. doi: 10.1007/BF00433996.
12. Johnston R.C., Brand R.A., Crowninshield R.D. Reconstruction of the hip. A mathematical approach to determine optimum geometric relationships. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(5):639-652.
13. Fukushi J.I., Kawano I., Motomura G., Hamai S., Kawaguchi K.I., Nakashima Y. Does hip center location affect the recovery of abductor moment after total hip arthroplasty? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(8):1149-1153. doi: 10.1016/j.otsr.2018.06.022.
14. Pagnano W., Hanssen A.D., Lewallen D.G., Shaughnessy W.J. The effect of superior placement of the acetabular component on the rate of loosening after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(7):1004-1014. doi: 10.2106/00004623-199607000-00004.
15. Watts C.D., Abdel M.P., Hanssen A.D., Pagnano M.W. Anatomic Hip Center Decreases Aseptic Loosening Rates After Total Hip Arthroplasty with Cement in Patients with Crowe Type-II Dysplasia: A Concise Follow-up Report at a Mean of Thirty-six Years. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(11):910-915. doi: 10.2106/JBJS.15.00902.
16. Dearborn J.T., Harris W.H. High placement of an acetabular component inserted without cement in a revision total hip arthroplasty. Results after a mean of ten years. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(4):469-480. doi: 10.2106/00004623-199904000-00004.
17. Tanzer M. Role and results of the high hip center. *Orthop Clin North Am.* 1998;29(2):241-247. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70322-9.
18. Nie Y., Pei F., Li Z. Effect of high hip center on stress for dysplastic hip. *Orthopedics.* 2014;37(7):e637-e643. doi: 10.3928/01477447-20140626-55.
19. Bozic K.J., Freiberg A.A., Harris W.H. The high hip center. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(420):101-105. doi: 10.1097/00003086-200403000-00014.
20. Russotti G.M., Harris W.H. Proximal placement of the acetabular component in total hip arthroplasty. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73(4):587-592.
21. Doehring T.C., Rubash H.E., Shelley F.J., Schwendeman L.J., Donaldson T.K., Navalgund Y.A. Effect of superior and superolateral relocations of the

- hip center on hip joint forces. An experimental and analytical analysis. *J Arthroplasty*. 1996;11(6):693-703. doi: 10.1016/s0883-5403(96)80008-8.
22. Kaneuji A., Sugimori T., Ichiseki T., Yamada K., Fukui K., Matsumoto T. Minimum ten-year results of a porous acetabular component for Crowe I to III hip dysplasia using an elevated hip center. *J Arthroplasty*. 2009;24(2):187-194. doi: 10.1016/j.arth.2007.08.004.
  23. Christodoulou N.A., Dialetis K.P., Christodoulou A.N. High hip center technique using a biconical threaded Zweymüller cup in osteoarthritis secondary to congenital hip disease. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(7):1912-1919. doi: 10.1007/s11999-009-1203-1.
  24. Nawabi D.H., Meftah M., Nam D., Ranawat A.S., Ranawat C.S. Durable fixation achieved with medialized, high hip center cementless THAs for Crowe II and III dysplasia. *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472(2):630-636. doi: 10.1007/s11999-013-3187-0.
  25. Galea V.P., Laaksonen I., Donahue G.S., Fukui K., Kaneuji A., Malchau H., Bragdon C. Developmental Dysplasia Treated With Cementless Total Hip Arthroplasty Utilizing High Hip Center Reconstruction: A Minimum 13-Year Follow-up Study. *J Arthroplasty*. 2018;33(9):2899-2905. doi: 10.1016/j.arth.2018.04.037.
  26. Liu B., Gao Y.H., Ding L., Li S.Q., Liu J.G., Qi X. Computed Tomographic Evaluation of Bone Stock in Patients With Crowe Type III Developmental Dysplasia of the Hip: Implications for Guiding Acetabular Component Placement Using the High Hip Center Technique. *J Arthroplasty*. 2018;33(3):915-918. doi: 10.1016/j.arth.2017.10.021.
  27. Zheng L.L., Lin Y.Y., Zhang X.Y., Ling Q.H., Liao W.M., Wu P.H. Best bone of acetabulum for cup component placement in Crowe types I to III dysplastic hips: a computer simulation study. *Chin Med J (Engl)*. 2019;132(23):2820-2826. doi: 10.1097/CM9.0000000000000527.
  28. Karaismailoglu B., Kaynak G., Can A., Ozsahin M.K., Erdogan F. Bilateral High Hip Center Provides Gait Parameters Similar to Anatomical Reconstruction: A Gait Analysis Study in Hip Replacement Patients With Bilateral Developmental Dysplasia. *J Arthroplasty*. 2019;34(12):3099-3105. doi: 10.1016/j.arth.2019.06.063.
  29. Волокитина Е.А., Колотыгин Д.А. Особенности первичной и ревизионной имплантации бесцементного тазового компонента при диспластическом коксартрозе. *Травматология и ортопедия России*. 2009;(3):119-121.
  30. Volokitina E.A., Kolotigin D.A. [Features of primary and revision implantation of a cementless acetabular component in dysplastic coxarthrosis]. *Travmatologhiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2009;(3):119-121. (In Russian).
  31. Ranawat C.S., Dorr L.D., Inglis A.E. Total hip arthroplasty in protrusio acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg. Am*. 1980;62(7):1059-1065.
  32. Артюх В.А., Базаров И.С., Карагодина М.П. Рентгенологическая оценка результатов эндопротезирования тазобедренного сустава. В кн.: *Руководство по хирургии тазобедренного сустава*. Под ред. Р.М. Тихилова, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2014. Т. 2. С. 126.
  33. Artyukh V.A., Bazarov I.S., Karagodina M.P. [X-ray assessment of the results of hip arthroplasty]. In: [Guide to the hip surgery]. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I. (eds.). St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2014. Vol. 2. P. 126. (In Russian).
  34. Rogers B. A., Garbedian S., Kuchinad R. A., Backstein D., Safir O., Gross A.E. Total Hip Arthroplasty for Adult Hip Dysplasia. *J Bone Joint Surg*. 2012;94(19):1809-1821. doi: 10.2106/jbjs.k.00779.
  35. Eskelinen A. Cementless Total Hip Arthroplasty in Patients with High Congenital Hip Dislocation. *J Bone Joint Surg*. 2006;88(1):80-91. doi: 10.2106/JBJS.E.00037.
  36. Erdemli B. Yilmaz, C., Atalar, H., Güzel B., Cetin I. Total Hip Arthroplasty in Developmental High Dislocation of the Hip. *J Arthroplasty*. 2005;20(8):1021-1028.
  37. Туренков С.В., Ахтямов И.Ф. Анализ результатов хирургического лечения диспластического коксартроза различными вариантами тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. *Гений ортопедии*. 2003;(2):19-23.
  38. Turenkov S.V., Akhtyamov I.F. [Analysis of the results of surgical treatment of dysplastic coxarthrosis with various options for total hip arthroplasty]. *Genij ortopedii*. 2003;(2):19-23.
  39. Komiyama K., Nakashima Y., Hirata M., Hara D., Kohno Y., Iwamoto Y. Does high hip center decrease range of motion in total hip arthroplasty? A computer simulation study. *J Arthroplasty*. 2016;31(10):234-2347. doi: 10.1016/j.arth.2016.03.014.
  40. Yoder S.A., Brand R.A., Pedersen D.R., O'Gorman T.W. Total hip acetabular component position affects component loosening rates. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;(228):79-87.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тихилов Рашид Муртузалиевич — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

Джавадов Алисагиб Аббасович — лаборант-исследователь, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6745-4707>

## AUTHORS' INFORMATION:

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Director, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

Alisagib A. Dzhabadov — Research Assistant, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6745-4707>

*Карпухин Алексей Сергеевич* — травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург; заведующий отделением, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Чебоксары, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4525-2135>

*Ваграмян Арсен Геворкович* — руководитель службы травматологии и ортопедии медицинского центра «Шенгавит», г. Ереван, Республика Армения

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1060-7506>

*Демьянова Ксения Андреевна* — студентка, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>

*Шубняков Игорь Иванович* — д-р мед. наук, заместитель директора по работе с регионами, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

*Aleksey S. Karpukhin* — Orthopedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg; Head of Department, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4525-2135>

*Arsen G. Vahramyan* — Head of Traumatology and Orthopedics Service, Shengavit Medical Center, Yerevan, Republic of Armenia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1060-7506>

*Kseniya A. Demyanova* — Student, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>

*Igor I. Shubnyakov* — Deputy Director, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>

## Комментарий к статье «Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента»

В.В. Даниляк

ГБУЗ ЯО «Ярославский областной клинический госпиталь ветеранов войн – международный центр „Здоровое долголетие“, г. Ярославль, Россия

## Comment to the Article “Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What’s Special?”

V.V. Danilyak

Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans – International Center “Healthy Longevity”, Yaroslavl, Russian Federation

Комментируемая статья посвящена особенностям ревизий нестабильных чашек эндопротезов, первично имплантированных по поводу диспластического коксартроза в зону ложной вертлужной впадины.

Современные руководства однозначно рекомендуют при лечении диспластического коксартроза устанавливать вертлужные компоненты в анатомическую позицию с целью реконструкции центра вращения и нормализации работы мышц, окружающих тазобедренный сустав [1, 2]. При этом для увеличения площади их контакта с костью, кроме традиционных структурных аутотрансплантатов и котилопластики, используются специальные имплантаты: опорные кольца и клетки, овальные чашки, аугменты из высокопористых металлов, индивидуально изготовленные конструкции [3].

### • Комментарий к статье

Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Карпухин А.С., Ваграмян А.Г., Демьянова К.А., Шубняков И.И. Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):9-20. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-9-20.

Альтернативной возможностью являлась установка чашки в зону псевдовадины, где кость гипертрофирована, прочна и жизнеспособна, т.н. high hip center. Это существенно упрощало операцию, избавляло от необходимости применять специальную хирургическую технику и сложные имплантаты. Кроме того, за счет опоры на остеофит увеличивалась площадь контакта вертлужного компонента с тазовой костью, а также сохранялась биомеханика походки [4, 5]. За минимальную простоту приходилось «расплачиваться» краниальным и латеральным смещением центра ротации сустава, что приводило к ускоренному износу полиэтилена, особенно у чашек цементной фиксации [6, 7].

Анализируя с современных позиций рентгенограммы пациентов с дисплазиями различной степени тяжести, оперированных в Ярославском областном клиническом госпитале ветеранов войн – международном центре «Здоровое долголетие» с середины 1990-х до первой декады 2000-х гг., мы убедились, что достаточно часто локализовали чашки эндопротезов краниальнее анатомического центра вращения тазобедренного

Даниляк В.В. Комментарий к статье «Особенности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при изначально высоком расположении вертлужного компонента». *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):21-24. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-21-24.

**Cite as:** Danilyak V.V. [Comment to the Article “Revision Hip Arthroplasty with Initially High Position of the Acetabular Component: What’s Special?”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):21-24. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-21-24.

Даниляк Владимир Викторович / Vladimir V. Danilyak; e-mail: v-danilyak@mail.ru

сустава. Возьмем на себя смелость предположить, что в тот же период времени немало ортопедов в России в ходе обучения эндопротезированию совершали подобные ошибки. Износ полиэтилена и асептическое расшатывание компонентов — неизбежный этап функционирования любого эндопротеза. Для нас и наших пациентов наступает «время ревизий». Поэтому вопросы, затронутые авторами статьи, всегда будут иметь исключительную актуальность.

Вначале хотелось бы прокомментировать теоретический раздел статьи, посвященный центру ротации и методике его определения. Можно ли согласиться с понятиями «центр ротации вертлужного компонента», «вертикальный и горизонтальный центры ротации», «несовпадение центров ротации вертлужного и бедренного компонентов» и др.?

Природный тазобедренный сустав (и его эндопротез) представляют собой соединение, получившее в технике название шарового, или сферического шарнира. Он обеспечивает вращательные движения вокруг трех осей: фронтальной (сгибание / разгибание), сагиттальной (отведение / приведение) и вертикальной (наружная / внутренняя ротация) [8, 9].

Любой сферический шарнир имеет один центр ротации, совпадающий с центром шара, вращающегося в неподвижном гнезде. Таким образом, центр вращения тазобедренного сустава всегда соответствует центру головки бедра (или эндопротеза), даже в ситуации полного вывиха, когда бедро перемещается в мягких тканях. Так как вертлужная впадина и чашка эндопротеза остаются неподвижными, говорить об их «центре ротации» нельзя. Обычно определяют их анатомический (для впадины) или геометрический (для чашки) центры.

Оптимальным условием функционирования тазобедренного сустава среди прочих является совмещение центра ротации с анатомическим центром вертлужной впадины. Любое их несовпадение называют смещением центра ротации. По вертикальной оси оно бывает краниальным или каудальным (термины «дистальный» или «проксимальный», «верх» или «низ» в области таза не используются). Относительно сагиттальной оси центр ротации может смещаться кнутри (медиально) или кнаружи (латерально). И относительно фронтальной оси встречается его смещение кпереди или кзади.

Теперь, после уточнения терминологии, перейдем к способам определения центра ротации по обзорным рентгенограммам таза. В случае первичного остеоартрита оно обычно не вызывает затруднений. Но вторичные коксартрозы вследствие дисплазий различной степени тяжести, протрузий любых этиологий, врожденных и приобретенных

деформаций требуют использования специальных методик его расчета.

В своей работе авторы статьи применили метод C.S. Ranawat, предложенный в Госпитале специальной хирургии в Нью-Йорке в 1980 г. [10]. Для определения анатомической позиции вертлужной впадины строился равнобедренный прямоугольный треугольник с катетами, равными 1/5 (или 20%) высоты таза. При этом точка начала построения вертикального катета отстояла на 5 мм кнаружи от пересечения линий Kohler и Shenton. Гипотенуза же данного треугольника представляла диаметр природной вертлужной впадины. Отметим, что в оригинальных рисунках C.S. Ranawat центры вращения тазобедренного сустава не определялись. Кроме того, в ряде работ указывалось, что метод трудно применим при диспластических коксартрозах, для которых характерен разрыв линии Shenton из-за краниального смещения бедра [11, 12].

В основе других методик лежало использование математических уравнений регрессии, полученных в ходе многочисленных измерений обзорных рентгенограмм таза пациентов разного пола, возраста и даже расовой принадлежности [13, 14, 15, 16]. В качестве горизонтальных референтных линий обычно применялись параллельные, соединяющие вершины подвздошных гребней и седалищных бугров или основания «фигур слезы» и каудальные точки крестцово-подвздошных сочленений. Вертикальными референтными линиями являлись перпендикуляры через середину «фигуры слезы», через центр симфиза или подвздошно-седалищная линия.

После измерения на масштабированной рентгенограмме таза его высоты или размера внутренней полости полученная величина умножалась на выведенные эмпирически понижающие коэффициенты. Так определялись горизонтальная и вертикальная координаты центра вращения относительно какой-нибудь референтной точки, например, вершин «фигуры слезы» или запирающего отверстия [17].

В исследованиях, сравнивающих описанные выше методики, установлено, что наименее точные расчеты получены при использовании способа C.S. Ranawat [12, 18]. Наилучшие результаты давала методика M.H. Fessy с соавторами [19]. Вертикаль центра ротации рассчитывалась по формуле:

$$0,204 \times L - 0,794,$$

где  $L$  — это высота полости таза.

Горизонтальная локализация центра вращения:

$$0,093 I + 33,195,$$

где  $I$  — это расстояние от каудального края крестцово-подвздошного сочленения до точки пересечения линий Kohler и terminalis.

Однако в настоящее время считается, что рентгенограммы таза в передне-задней проекции не позволяют учесть его наклон или ротацию, связанные с деформацией позвоночника. Компьютерная 3D-реконструкция устраняет эти недостатки [20].

И наконец, остановимся на клинической части оригинальной статьи, имеющей наибольшее практическое значение. Известно, что на выживаемость эндопротеза влияет множество показателей: возраст, вес, качество кости, двигательная активность и предполагаемая продолжительность жизни больного, технические особенности имплантата, способы его фиксации, пара трения и др. Авторы статьи выбрали чрезвычайно важный фактор: изначально «высокая» вынужденная позиция чашки, ставящая ее в неблагоприятные механические условия. Они попытались определить критические параметры смещения центра ротации, с одной стороны, влияющие на ускоренное расшатывание ацетабулярного компонента и, с другой стороны, осложняющие проведение последующей ревизии. В отечественной литературе нам не удалось найти аналогов данной работы.

Сложность решения поставленных задач, на наш взгляд, связана с неоднородностью исследуемой когорты пациентов. Даже поверхностное изучение представленных в статье рентгенограмм позволяет обратить внимание на большую разницу в типе ацетабулярных компонентов и технических приемах, использованных в ходе первичного эндопротезирования. Это и реконструктивная клетка с гладкой поверхностью отечественного производства (рис. 1), и полусферическая резьбовая чашка с цилиндрическим вкладышем без конусной фиксации (рис. 4), и цементные имплантаты, установленные с опорой на аутоотрансплантаты или без них (рис. 3, 7). Обилие факторов, способных вызвать быстрый износ полиэтилена и краниальное смещение вертлужного компонента, не позволяет сделать однозначный вывод о прямой причинно-следственной связи между ними и первично высоким центром вращения эндопротеза. Впрочем, подобные недостатки присущи клиническим исследованиям, проводимым методом поперечных срезов [21].

На основании рентгенометрического анализа результатов первичной артропластики с элементами компьютерного моделирования авторы пришли к важному заключению о критичности смещения центра ротации эндопротеза в латеральном направлении. Эти данные коррелируют с результатами работ T.P. Schmalzried с соавторами, N.J. Little с соавторами и D. Bhaskar с соавторами, подтвердивших, что увеличение ацетабулярного оффсета приводит к увеличению длины рычага веса тела и силы действия мышц абдукторов, что, естественно, вызывает ускоренное разрушение эндопротеза [22, 23, 24].

Закономерно, что ацетабулярные дефекты, которые приходилось замещать в ходе ревизии, в статье классифицированы как IIIa и IIIb по W.G. Paprosky. После первичной артропластики центр ротации протеза изначально имел краниальное смещение в среднем на 45,7 мм, и более чем у половины пациентов это смещение увеличилось вследствие расшатывания вертлужного компонента. Тяжесть имеющихся костных дефектов, иногда сопровождающихся разрывом тазового кольца, обусловила сложность применяемых ацетабулярных компонентов: аугментов из трабекулярного металла, системы cup-cage, индивидуальных трехфланцевых имплантатов (более 60% наблюдений). Интересно, что эти комплексные конструкции решали проблему низведения центра ротации гораздо более эффективно, чем высокопористые полусферические чашки с винтами даже при большей исходной краниализации. Значит, не всегда простые решения в ревизионной хирургии тазобедренного сустава являются «золотым стандартом».

И еще один важный раздел статьи отвечает на вопрос: «Что делать с хорошо фиксированной ножкой эндопротеза, первично установленной в компенсаторно высокое положение, если требуется значительное низведение бедра?» Критической величиной смещения авторы считают  $\geq 3$  см, когда возникает необходимость в укорочении бедренной кости. Это полностью соответствует общепринятой хирургической технике первичной артропластики при высоких вариантах врожденного вывиха бедра (Hartofilakidis тип C) [25, 26]. Хотелось бы обратить внимание на необходимость одновременного восстановления бедренного оффсета — важнейшего фактора, влияющего не только на послеоперационную стабильность эндопротеза, но и на качество походки больного [27].

В заключение нужно еще раз отметить, что комментируемая статья укрепляет наше убеждение в необходимости имплантации чашки в зону анатомической вертлужной впадины для создания оптимальных биомеханических условий функционирования эндопротеза после первичной артропластики. Для уточнения прямой причинно-следственной связи между позицией ацетабулярного компонента и сроками выживания эндопротеза необходимы дополнительные продольные проспективные клинические исследования однородных когорт пациентов.

### Литература (References)

1. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Мясоедов А.А. Планирование операций и техника эндопротезирования тазобедренного сустава в сложных случаях. В кн.: *Руководство по хирургии тазобедренного сустава*. Под ред.: Р.М. Тихилова, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2015. Т. II. с. 26-54. ISBN 978-5-9904897-2-1.

- Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Myasoedov A.A. [Surgery planning and hip replacement technique in difficult cases]. [Hip Surgery Guide]. Ed. by R.M. Tikhilov, I.I. Shubnyakov. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2015. Vol. II. p. 26-54. (In Russian). ISBN 978-5-9904897-2-1.
2. Cabanela M.E. Total Hip Arthroplasty: Degenerative Dysplasia of the Hip. In: *Advanced Reconstruction Hip*. Ed.: J.R. Lieberman, D.J. Berry. AAOS; 2005. p. 115-121. ISBN 0-89203-346-0.
  3. Hou W., Lu Y., Xu P. Is high hip center an acceptable choice for total hip arthroplasty of the developmental dysplasia of the hip? *Annals of Joint*. 2017;2(9). doi: 10.21037/aoj.2017.09.02.
  4. Shen J., Sun J., Ma H., Du Y., Li T., Zhou Y. High Hip Center Technique in Total Hip Arthroplasty for Crowe Type II-III Developmental Dysplasia: Results of Midterm Follow-up. *Orthop Surg*. 2020;12(4):1245-1252. doi: 10.1111/os.12756.
  5. Chen M., Luo Z.L., Wu K.R., Zhang X.Q., Ling X.D., Shang X.F. Cementless Total Hip Arthroplasty With a High Hip Center for Hartofilakidis Type B Developmental Dysplasia of the Hip: Results of Midterm Follow-Up. *J Arthroplasty*. 2016;31(5):1027-1034. doi: 10.1016/j.arth.2015.11.009.
  6. Hartofilakidis G., Karachalios T. Total hip arthroplasty for congenital hip disease. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(2): 242-250. doi: 10.2106/00004623-200402000-00005.
  7. Bicanic G., Barbaric K., Bohacek I., Aljinovic A., Delimar D. Current concept in dysplastic hip arthroplasty: Techniques for acetabular and femoral reconstruction. *World J Orthop*. 2014;5(4):412-424. doi: 10.5312/wjo.v5.i4.412.
  8. Madeti B.K., Rao Ch.S. Biomechanics of hip joint: a review. *Int J Biomed Eng Technology*. 2014;15(4):341-359. doi: 10.1504/IJBET.2014.064824.
  9. Lunn D.E., Lampropoulos A., Stewart T.D. Basic biomechanics of the hip. *Orthopaedics and Trauma*. 2016;30(3):239-246. doi: 10.1016/j.mporth.2016.04.014.
  10. Ranawat C.S., Dorr L.D., Inglis A.E. Total hip arthroplasty in protrusio acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(7):1059-1065.
  11. Schofer M.D., Pressel T., Heyse T.J., Schmitt J., Boudriot U. Radiological determination of the anatomic hip centre from pelvic landmarks. *Acta Orthop Belg*. 2010;76(4):479-485.
  12. Fujii M., Nakamura T., Hara T., Nakashima Y. Is Ranawat triangle method accurate in estimating hip joint center in Japanese population? *J Orthop Sci*. 2020;S0949-2658(20)30078-6. doi: 10.1016/j.jos.2020.03.007.
  13. Pierchon F., Migaud H., Duquenois A., Fontaine C. Radiologic evaluation of the rotation center of the hip. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1993;79(4):281-284.
  14. John J.F., Fisher P.E. Radiographic determination of the anatomic hip joint center. A cadaver study. *Acta Orthop Scand*. 1994;65(5):509-510. doi: 10.3109/17453679409000901.
  15. Takamatsu T., Shishido T., Takahashi Y., Masaoka T., Tateiwa T., Endo K. et al. Radiographic Determination of Hip Rotation Center and Femoral Offset in Japanese Adults: A Preliminary Investigation toward the Preoperative Implications in Total Hip Arthroplasty. *Biomed Res Int*. 2015;2015:610763. doi: 10.1155/2015/610763.
  16. Bombaci H., Simsek B., Soyarslan M., Murat Yildirim M. Determination of the hip rotation center from landmarks in pelvic radiograph. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2017;51(6):470-473. doi: 10.1016/j.aott.2017.09.004.
  17. Boudriot U., Hilgert J., Hinrichs F. Determination of the rotational center of the hip. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2006;126(6):417-420. doi: 10.1007/s00402-006-0157-y.
  18. Olmedo N., Sevilla A. Comparative study of accuracy of Ranawat's and Pierchon's methods to determine hip centre with informatics tools. *Hip int*. 2010;20 (Suppl 7):48-51. doi: 10.1177/11207000100200s709.
  19. Fessy M.H., N'Diaye A., Carret J.P., Fisher L.P. Locating the center of rotation of the hip. *Surg Radiol Anat*. 1999;21:247-250. doi: 10.1007/s00276-999-0247-y.
  20. Yi L.H., Li R., Zhu Z.Y., Bai C.W., Tang J.L., Zhao F.C. et al. Anatomical study based on 3D-CT image reconstruction of the hip rotation center and femoral offset in a Chinese population: preoperative implications in total hip arthroplasty. *Surg Radiol Anat*. 2019;41(1):117-124. doi: 10.1007/s00276-018-2143-9.
  21. Sedgwick Ph. Cross sectional studies: advantages and disadvantages. *BMJ*. 2014;348(2):g2276. doi: 10.1136/bmj.g2276.
  22. Schmalzried T.P., Shepherd E.F., Dorey F.J., Jackson W.O., dela Rosa M., Fa'vae F., et al. The John Charnley Award. Wear is a function of use, not time. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;381:36-46. doi: 10.1097/00003086-200012000-00005.
  23. Little N.J., Busch C.A., Gallagher J.A., Rorabeck C.H., Bourne R.B. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(11):2895-2900. doi: 10.1007/s11999-009-0845-3.
  24. Bhaskar D., Rajpura A., Board T. Current Concepts in Acetabular Positioning in Total Hip Arthroplasty. *Indian J Orthop*. 2017;51(4):386-396. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho\_144\_17.
  25. Anastasopoulos P.P., Lepetsos P., Baxevanos N., Liarakos N., Marianna Korre M., Gketsos A. Shortening Osteotomies for Total Hip Replacement in High Congenital Dislocation of the Hip. *Surgeries*. 2019;1(1). doi: 10.35702/surg.10001.
  26. Hardt S., Hube R., Perka K. Total Hip Arthroplasty for High Hip Dislocation. *Z Orthop Unfall*. 2020;158(2):170-183. doi: 10.1055/a-0946-2750.
  27. Bonnin M., Fessy M.H. Restoration of Acetabular Offset Respecting the Hip Centre. In: *The Corail Hip System*. Ed.: J.-P. Vidalain, T.A.S. Selmi, D. Beverland, T. Board, J. Boldt, S. Brumby. Springer, 2011: 231-236. doi: 10.1007/978-3-642-18396-6.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Даниляк Владимир Викторович — канд. мед. наук, заведующий ортопедическим отделением, ГБУЗ ЯО «Ярославский областной клинический госпиталь ветеранов войн – международный центр „Здоровое долголетие“», г. Ярославль, Россия

## AUTHOR'S INFORMATION:

Vladimir V. Danilyak — Cand. Sci. (Med.), Chief of Orthopedic Department, Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans — International Center “Healthy Longevity”, Yaroslavl, Russian Federation



## Реверсивное эндопротезирование с транспозицией широчайшей мышцы спины при последствиях травм плечевого сустава

Н.Н. Чирков<sup>1,2</sup>, Н.С. Николаев<sup>1,2</sup>, А.В. Каминский<sup>3</sup>, О.В. Спиридонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Чебоксары, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Переломы проксимального отдела плечевой кости занимают 3-е место в структуре переломов у пожилых лиц. Неудачи лечения данных травм приводят к необратимым изменениям в плечевом суставе, основным методом лечения которых является эндопротезирование. Оперативное лечение этой категории пациентов до сих пор остается трудной задачей. **Цель исследования** — сравнить эффективность стандартного реверсивного эндопротезирования с реверсивным эндопротезированием в сочетании с реконструкцией наружных ротаторов плеча либо транспозицией широчайшей мышцы спины. **Материал и методы.** Проведена ретроспективная оценка результатов лечения 96 пациентов с последствиями травм плечевого сустава. Из них у 51 пациента выполнялась стандартная установка реверсивного эндопротеза (группа I), а у 45 пациентов (группа II) — эндопротезирование с реконструкцией наружных ротаторов плеча либо транспозицией широчайшей мышцы спины. Пациенты женского пола составили 68,8%. Давность травмы варьировала от 8 мес. до 2,5 лет. Срок наблюдения — от 1 года до 7 лет (Me=3,5). Результаты оценивали по шкалам ВАШ, ASES, UCLA. **Результаты.** Положительные результаты наблюдались у большинства пациентов. Осложнения: вывихи в эндопротезе встретились в 16,7%, инфекционные осложнения — в 5,2%, нестабильность плечевого компонента — в 2,1%, перелом диафиза плечевой кости — в 3,1%, повреждение сосудисто-нервного пучка — в 2,1% случаев. У пациентов группы I вывихи возникли статистически значимо чаще, чем у группы II. С целью снижения риска осложнений разработана рациональная тактика лечения пациентов с последствиями травм плечевого сустава. При показателях ЭНМГ с дельтовидной мышцы менее 40% от контрлатеральной стороны, либо при показателях минеральной плотности костной ткани с Т-критерием менее -2,5 SD эндопротезирование не выполняется. При эндопротезировании необходимо произвести прямое подшивание сухожилий подостной и малой круглой мышц к плечевой кости, а при невозможности — выполнить транспозицию широчайшей мышцы спины. **Заключение.** Реверсивное эндопротезирование при лечении пациентов с последствиями травм плечевого сустава является эффективной методикой. С целью снижения риска осложнений оперативного вмешательства необходимо обеспечить дополнительную стабильность эндопротеза путем миопластики или миотранспозиции. Целесообразно воздерживаться от эндопротезирования в случаях выраженной гипотрофии дельтовидной мышцы и тяжелой степени остеопороза.

**Ключевые слова:** последствия травм плечевого сустава, эндопротезирование плечевого сустава, транспозиция широчайшей мышцы спины.

Чирков Н.Н., Николаев Н.С., Каминский А.В., Спиридонова О.В. Повышение эффективности реверсивного эндопротезирования при последствиях травм плечевого сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):25-33. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-25-33.

**Cite as:** Chirkov N.N., Nikolaev N.S., Kaminskii A.V., Spiridonova O.V. [Reverse Shoulder Arthroplasty with *Latissimus Dorsi* Transfer for Humerus Fractures Sequelae]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):25-33. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-25-33.

✉ Чирков Николай Николаевич / Nikolai N. Chirkov; e-mail: surgenik@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 10.12.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 27.03.2020.

## Reverse Shoulder Arthroplasty with *Latissimus Dorsi* Transfer for Humerus Fractures Sequelae

N.N. Chirkov<sup>1,2</sup>, N.S. Nikolaev<sup>1,2</sup>, A.V. Kaminskii<sup>3</sup>, O.V. Spiridonova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

<sup>2</sup> Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russian Federation

<sup>3</sup> Ilizarov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Fractures of the proximal humerus occupy the 3<sup>rd</sup> place in the structure of fractures in the elderly. Failure to treat these injuries leads to irreversible changes in the shoulder. The main treatment for the latter is arthroplasty. The surgical treatment of this category of patients is still a difficult task. **The purpose of this study** was to compare the effectiveness of standard reverse arthroplasty with reverse arthroplasty in combination with the reconstruction of the external rotators of the shoulder or transposition of the *latissimus dorsi*. **Materials and Methods.** The retrospective evaluation of treatment results of 96 patients with consequences of shoulder injuries was conducted. Of these, 51 patients underwent standard reverse arthroplasty (group I), and 45 patients (group II) underwent arthroplasty with reconstruction of the external rotators of the shoulder or transposition of the *latissimus dorsi*. The female patients accounted for 68.8%. The duration of the injury varied from 8 months to 2.5 years, the follow-up — from 1 to 7 years (Me = 3.5). The results were assessed with VAS, ASES, UCLA scales. **Results.** The positive outcomes were observed in most patients. Complications: dislocations of the endoprosthesis occurred in 16.7%, infectious complications — in 5.2%, shoulder component instability — in 2.1%, fracture of the humeral diaphysis — in 3.1%, neurovascular bundle injury — in 2.1% of cases. In the patients of group I, dislocations occurred significantly more often than in the patients of group II. To reduce the risk of complications, a rational tactic has been developed for treating patients with consequences of shoulder injuries. If electroneuromyography values from the deltoid muscle were less than 40% of the contralateral side, or if mineral bone density T-score was less than 2.5 SD, arthroplasty was not performed. During arthroplasty, it is necessary to perform the direct suturing of the of the infraspinatus and teres minor tendons to the humerus. If it is impossible, the *latissimus dorsi* transfer is indicated. **Conclusion.** Reverse arthroplasty in the treatment of the humerus fractures sequelae is an effective technique. To reduce the risk of complications, it is necessary to provide the additional stability of the endoprosthesis by reconstruction of the external rotators or *latissimus dorsi* transfer. It is advisable to refrain from arthroplasty in cases of severe deltoid hypotrophy and severe osteoporosis.

**Keywords:** proximal humerus fractures, humerus fractures sequelae, reverse shoulder arthroplasty, *latissimus dorsi* transfer.

### Введение

Переломы проксимального отдела плечевой кости у пациентов старше 65 лет занимают третье место по частоте после переломов запястья и шейки бедра [1]. Частота переломов проксимальной части плечевой кости возрастает с возрастом, причем у женщин они встречаются вдвое чаще, чем у мужчин. Это, вероятнее всего, связано с риском развития остеопороза у пациентов женского пола старше 50 лет [2].

К тяжелой посттравматической патологии плечевого сустава можно отнести застарелые несросшиеся и неправильно сросшиеся переломы проксимального отдела плечевой кости, в том числе с наличием несостоятельного остеосинтеза и аваскулярного некроза головки плечевой кости, застарелые переломовывихи проксимального отдела плечевой кости, застарелые вывихи в плечевом суставе с костными дефектами, ложные суставы хирургической шейки плечевой кости [3, 4].

Наличие выраженных посттравматических изменений в плечевом суставе усложняет выбор лечебной тактики из-за многоплоскостной костной деформации проксимального отдела плечевой кости, отсутствия перспективы восстановления суставных поверхностей. Основным методом лечения данных изменений на сегодняшний день является эндопротезирование. В связи с характером патологии часто возникает тотальный дефицит ротаторной манжеты, и поэтому артропластика с использованием реверсивной конструкции эндопротеза становится предпочтительной [5, 6].

В литературе мало исследований, посвященных результатам эндопротезирования плечевого сустава при лечении тяжелой посттравматической патологии. Однако, отмечается, что количество осложнений после эндопротезирования при последствиях травм плечевого сустава выше, чем при эндопротезировании по поводу дегенеративных заболеваний плечевого сустава [7, 8, 9].

Наиболее частым осложнением эндопротезирования плечевого сустава при последствиях травм является вывих в эндопротезе [4, 8]. Поиск путей решения дополнительной стабилизации реверсивного эндопротеза при лечении пациентов с последствиями травм плечевого сустава является актуальной задачей.

**Цель исследования** — сравнить эффективность стандартного реверсивного эндопротезирования без реконструкции коротких ротаторов плеча или миотранспозиций с реверсивным эндопротезированием в сочетании с реконструкцией наружных ротаторов плеча либо транспозицией широчайшей мышцы спины.

### Материал и методы

В ФГБУ «ФЦТОЭ» (г. Чебоксары) и ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» проведено открытое ретроспективное когортное двухцентровое исследование результатов хирургического лечения пациентов с последствиями травм плечевого сустава с применением различных оперативных методик.

**Критерии включения.** В исследование включали всех последовательных пациентов проходивших лечение в период с ноября 2012 г. по июнь 2018 г.

### Пациенты

Под наблюдением находилось 96 человек с последствиями травм плечевого сустава, к которым относились несросшиеся и неправильно сросшиеся переломы проксимального отдела плечевой кости, в том числе с наличием несостоятельного остеосинтеза и аваскулярного некроза головки плечевой кости ( $n = 42$ ); застарелые переломовывихи проксимального отдела плечевой кости ( $n = 23$ ); застарелые вывихи в плечевом суставе с костными дефектами ( $n = 12$ ); ложные суставы хирургической шейки плечевой кости ( $n = 19$ ). Из них 39 пациентов были пролечены и наблюдались в ФГБУ НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» (г. Курган). Остальные 57 пациентов оперированы в ФГБУ «ФЦТОЭ» (г. Чебоксары).

Исследование, выполненное на базе двух федеральных центров травматологии, ортопедии и эндопротезирования осуществлялось по единому протоколу. Срок давности травмы варьировал от 8 мес. до 2,5 года. Возраст пациентов составил от 57 до 81 года, большинство пациентов (68,8%) были женского пола.

При поступлении все пациенты предъявляли жалобы на дисфункцию травмированного плечевого сустава, трудности самообслуживания, ограничения в выполнении трудовых обязанностей и занятиях спортом. Жалобы на выраженный болевой синдром и контрактуру сустава наиболее часто предъявляли

больные с неправильно сросшимися переломами проксимального отдела плечевой кости и пациенты после ранее проведенного остеосинтеза с признаками несостоятельности и некроза головки плечевой кости. Пациенты с ложными суставами и дефектами проксимального отдела, напротив, больше жаловались на нестабильность, гипермобильность в травмированном плечевом суставе.

### Хирургическое вмешательство

Всем пациентам было выполнено эндопротезирование плечевого сустава реверсивным типом эндопротеза. Пациенты были разделены на две группы.

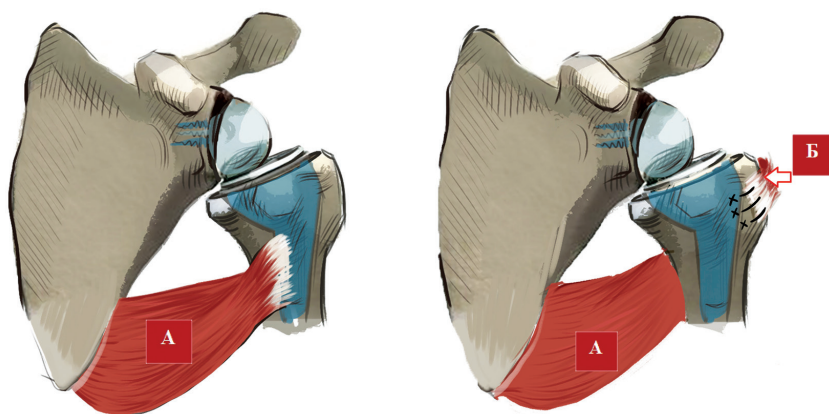
Первой группе пациентов ( $n = 51$ ; 53,1% выборки) выполнялась стандартная установка реверсивного эндопротеза без реконструкции коротких ротаторов плеча или миотранспозиции.

Пациентам второй группы ( $n = 45$ ; 46,9%) выполнялась имплантация реверсивного эндопротеза в сочетании с созданием дополнительной стабильности в эндопротезе путем реконструкции наружных ротаторов плеча. При невозможности их реконструкции у 9 из 45 пациентов эндопротезирование плечевого сустава сопровождалось транспозицией широчайшей мышцы спины по разработанной авторской методике\*. Для этого мы осуществляли классический дельтопекторальный доступ к суставу, релиз поддельтовидного и подакромиального пространств. До установки эндопротеза производили рассечение сухожилия большой грудной мышцы в месте крепления к плечевой кости, осуществляли доступ к сухожилию широчайшей мышцы спины, производили отсечение от плечевой кости и релиз сухожилия широчайшей мышцы спины от окружающих мягких тканей. По стандартной методике устанавливали эндопротез. Далее выводили в рану проксимальный отдел плечевой кости и, отступив медиальнее от *crista tuberculi majoris* на 5 мм, производили формирование четырех отверстий в плечевой кости (рис. 1). Через отверстия проводили нерассасывающиеся нити и выполняли установку ножки эндопротеза, после чего производили перемещение сухожилия широчайшей мышцы спины сзади плечевой кости и фиксировали его нитями к плечевой кости.

В обеих группах пациентов использовались эндопротезы DePuy, Zimmer, Mathys.

Учитывая тяжесть ортопедической патологии и травматичность вмешательства, после данных операций предпочтительно осуществлять гипсовую иммобилизацию верхней конечности. Мягкотканый ортез не обеспечивает необходимой жесткости фиксации, и пациент в любое время может самостоятельно его снять.

\* Данная методика и схема разработаны и запатентованы в ФГБУ «ФЦТОЭ» (г. Чебоксары) (Патент РФ на изобретение №2019131509/04.10.2019).



**Рис.** Схема транспозиции широчайшей мышцы спины:

А — широчайшая мышца спины; Б — место фиксации перемещенного сухожилия

**Fig.** Scheme of *latissimus dorsi* transfer: А — *m. latissimus dorsi*; Б — tendon fixation after transfer

### Оценка результатов

Оценка результатов осуществлялась с помощью функциональных измерений, тестов и шкал. Степень проявления болевого синдрома оценивалась по ВАШ. Результат лечения плечевого сустава оценивался при помощи стандартизованных шкал UCLA Shoulder Assessment (University of California, Los Angeles) и ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons Assessment).

Для измерения углов отведения, сгибания и ротационных движений в плечевом суставе использовался стандартный угломер. Силу отведения и сгибания в плечевом суставе (в кг) измеряли при помощи пружинного ручного динамометра. Проводились полипозиционная рентгенография плечевого сустава, компьютерная и магнитно-резонансная томография. Электронейромиографическое исследование (ЭНМГ) пораженной конечности проводилось на четырехканальной цифровой системе Viking IV (Nicolet Biomedical, США). Для сравнения использовались показатели ЭНМГ интактной конечности.

Минеральную плотность костной ткани (МПКТ) определяли методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии на костном денситометре Lunar DPX-NT (GE, США). Удовлетворенность пациентов проведенным лечением оценивали путем устного опроса.

### Статистический анализ

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программ Microsoft Excel 2007 и GraphPad. Соответствие значений выборки нормальному распределению в MS Excel подтверждали графическим методом, что позволило отражать результаты в виде средней арифметической (M) и стандартного отклонения (SD). Для оценки статистической значимости различий средних значений в группах использовали пар-

ный *t*-критерий Стьюдента, точный тест Фишера. Статистически значимыми считали различия при значениях  $p < 0,05$ .

### Результаты

#### Результаты предоперационного обследования

По результатам предоперационного МРТ-исследования пораженного плечевого сустава выявлено, что у большинства пациентов с несросшимися и неправильно сросшимися переломами проксимального отдела плечевой кости, в том числе с наличием несостоятельного остеосинтеза и аваскулярного некроза головки плечевой кости, а также у пациентов с застарелыми переломами вывихами проксимального отдела плечевой кости имелись выраженные повреждения вращательной манжеты плеча. Отмечалось отсутствие крепления сухожилий ротаторов к плечевой кости, признаки массивного параартикулярного рубцово-спаечного процесса. Напротив, у пациентов с застарелыми вывихами в плечевом суставе и у пациентов с ложными суставами хирургической шейки плечевой кости отмечались сохранность анатомии вращательной манжеты плеча, а также умеренная степень мышечной жировой дегенерации.

Нами проведена предоперационная ЭНМГ верхних конечностей у 45 пациентов с различной посттравматической патологией (46,9% всех наблюдений). Выявлено, что у 22 из них (48,9%) имелось снижение амплитуды М-ответа с дельтовидной мышцы в сравнении с контралатеральной конечностью. ЭНМГ показатели большой грудной мышцы на стороне поражения в 100% случаях оставались интактны. При сопоставлении результатов лечения с данными ЭНМГ до операции выявлено, что во всех случаях вывихов в эндопротезе пациенты имели показатели ЭНМГ менее 40% в сравнении с контралатеральной стороной.

### Функциональные результаты

Клинико-функциональные показатели в группах исследования до и после эндопротезирования плечевого сустава представлены в таблице 1.

Статистически значимых различий в показателях шкал между группами до операции не выявлено. Проведенное хирургическое лечение позволило улучшить эти показатели в обеих группах ( $p < 0,001$ ), однако у пациентов 2-й группы они были статистически значимо лучше по сравнению с первой группой. Как видно из таблицы 1, большинство пациентов были довольны проведенным лечением: отмечали купирование болевого синдрома, улучшение функции сустава.

### Результаты лучевых исследований

Диагностика остеопороза перед операцией проведена у 47 пациентов с различной посттравматической патологией (49% всех наблюдений). Из них остеопороз отсутствовал у 5 пациентов (Т-критерий  $-1,0$  и выше), остеопения наблюдалась у 4 пациентов (Т-критерий от  $-1,0$  до  $-2,5$ ), остеопороз — у 15 больных (Т-критерий  $-2,5$  и ниже), тяжелый остеопороз выявлен в 23 случаях (Т-критерий  $-2,5$  и ниже с наличием одного или более переломов). Полученные нами осложнения в виде ранней нестабильности плечевого компонента эндопротеза и перелома диафиза плечевой кости возникли у пациентов с показателями МПКТ с Т-критерием менее  $-2,5$  SD и наличием переломов в анамнезе.

### Осложнения

Самым частым осложнением являлись вывихи в эндопротезе, причем в группе I вывихи возникли статистически значимо чаще, чем в группе II (табл. 2).

У всех 9 пациентов, которым выполняли транспозицию широчайшей мышцы спины, вывихов не наблюдалось.

Различия в частоте остальных видов осложнений между группами были статистически незначимыми. Из 28 полученных осложнений различных видов в 16 случаях потребовалось повторное оперативное лечение либо интраоперационный остеосинтез (57,1%). Так, у 11 пациентов с вывихами в эндопротезе выполнялось ревизионное эндопротезирование с заменой вкладыша на больший у всех 11 пациентов, транспозицией широчайшей мышцы спины (3 пациента), формированием капсулы сустава из синтетической полимерной сетки (6 пациентов). У остальных 5 пациентов нестабильность в эндопротезе купирована консервативно путем длительной гипсовой иммобилизации. Все 5 (5,2%) случаев парапротезной инфекции подверглись ревизионному двухэтапному эндопротезированию. В трех случаях интраоперационного перелома диафиза плечевой кости был выполнен серкляжный остеосинтез. Ранняя нестабильность лопаточного компонента потребовала проведения ревизионного эндопротезирования с его заменой у двух пациентов. Два пациента с плексопатией получали длительную нейротропную терапию.

Таблица 1

### Клинико-функциональные показатели до и после эндопротезирования плечевого сустава

Показатель, шкала	Группы: I (n = 51) II (n = 45)	До операции		После операции		p до и после операции
		M (SD)	p*	M (SD)	p*	
ВАШ, баллы	I	7,5 (1,7)	>0,05	3,4 (1,3)	<0,05	<0,05
	II	7,5 (2,2)		2,6 (0,9)		<0,05
ASES, баллы	I	31,3 (13,8)	>0,05	58,6 (13,6)	<0,05	<0,05
	II	31,1 (12,1)		71,0 (10,0)		<0,05
Сгибание, град.	I	42,6 (18,0)	>0,05	107,2 (32,8)	<0,05	<0,05
	II	48,1 (20,9)		139,2 (25,2)		<0,05
Отведение, град.	I	27,0 (10,0)	>0,05	79,5 (23,4)	<0,05	<0,05
	II	30,3 (19,9)		102,0 (22,3)		<0,05
Наружная ротация, град.	I	4,0 (5,3)	>0,05	10,1 (10,3)	<0,05	<0,05
	II	6,7 (9,6)		27,0 (10,8)		<0,05
UCLA, баллы	I	8,9 (2,6)	>0,05	18,7 (5,9)	<0,05	<0,05
	II	9,5 (3,0)		24,6 (5,3)		<0,05
Удовлетворенность, %	I	—	—	64,7	<0,05	—
	II	—		95,6		<0,05

\* I группа по сравнению со II группой.

Таблица 2  
**Осложнения после эндопротезирования  
 при лечении пациентов с последствиями  
 травм плечевого сустава**

Вид осложнения	Группа I	Группа II	<i>p</i> *
Вывих в эндопротезе	15	1	<0,05
Инфекционные осложнения	3	2	>0,05
Перелом диафиза	2	1	>0,05
Нестабильность плечевого компонента	1	1	>0,05
Плексопатия	1	1	>0,05
Итого	22	6	–

\* Группа I по сравнению с группой II.

### Обсуждение

Эндопротезирование плечевого сустава при последствиях травм проксимального отдела плечевой кости является сложным вмешательством. Тем не менее удовлетворительные результаты могут быть достигнуты у большинства пациентов [10].

По данным M.F. Pastor с соавторами, реконструктивные остеотомии при лечении пациентов с застарелыми последствиями травм проксимального отдела плечевой кости и сустава в целом не показывают хороших результатов [11]. J. Holton с соавторами провели поиск и анализ статей, посвященных лечению пациентов с застарелыми последствиями травм плечевого сустава, за период 2001–2016 гг. по базам данных PubMed, Cochrane library и Medline. Было выявлено, что реверсивное эндопротезирование является наиболее эффективной методикой [12]. Использование анатомического эндопротеза по показаниям оправдано только при свежих оскольчатых переломах проксимального отдела плечевой кости и в случаях, когда имеется возможность восстановления вращательной манжеты плеча [13]. Анализ собственных оперативных вмешательств показывает, что полное восстановление вращательной манжеты у пациентов с застарелой травмой проксимального отдела плечевой кости невозможно. Поэтому имплантацию анатомического эндопротеза у данных пациентов мы не выполняли.

Единственной альтернативой является методика артродезирования плечевого сустава, в результате которой купируется болевой синдром. Однако функционального восстановления после такой операции не происходит. По данным V. Puvanesarajah с соавторами, артродезирование плече-лопаточ-

ного сустава является технически сложной и травматичной методикой, для выполнения которой необходимы костные трансплантаты и оригинальные фиксаторы [14]. Мы согласны с авторами в том, что данная методика может применяться только при бесперспективности эндопротезирования (выраженная атрофия дельтовидной мышцы, нейропатия подмышечного нерва, существенные постинфекционные изменения тканей).

J. Holton с соавторами провели системный обзор литературы, посвященный использованию реверсивного эндопротезирования для лечения последствий переломов проксимального отдела плечевой кости. Выводы представлены на основании анализа девяти статей с суммарным количеством операций 234. В большинстве случаев после эндопротезирования отмечены положительные результаты в плане уменьшения боли, улучшения диапазона движений и функции плечевого сустава. Однако существует риск значительных осложнений, включая вывих (16,7%), инфекцию (6,7%), интраоперационный перелом (3%) и неврологическое повреждение (2,6%) [12].

S.J. Natrup с соавторами на основании анализа результатов реверсивного эндопротезирования 26 пациентов с тяжелой посттравматической патологией плечевого сустава также отмечают трудность лечения и высокий риск осложнений у данных больных [10].

В собственном исследовании E. Sebastia-Forcada с соавторами проанализировали результаты реверсивного эндопротезирования у 30 пациентов с последствиями травм плечевого сустава. Было отмечено, что у 6 (20%) из них были получены различного рода осложнения (выход костного цемента в мягкие ткани — 2, вывих в эндопротезе — 2, перелом акромиального отростка лопатки — 1, раннее расшатывание плечевого компонента эндопротеза — 1) [15].

H.K. Vincent с соавторами в своих исследованиях среднесрочных функциональных результатов после эндопротезирования плечевого сустава и оценки качества жизни отмечают значимость восстановления наружной ротации плеча как критерия удовлетворенности лечением [16]. Поэтому мы считаем важным в процессе лечения обеспечить дополнительное восстановление активной наружной ротации плеча путем миопластики наружных ротаторов или миотранспозиции.

Полученный нами высокий процент осложнений после эндопротезирования пациентов с последствиями травм плечевого сустава коррелирует с данными литературы. Например, S.A. Antuña с соавторами сообщили, что 50% их пациентов после эндопротезирования по поводу застарелых травм плечевого сустава имели неудовлетворительные результаты [17]. P. Voileau с соавторами проана-

лизировали результаты эндопротезирования при посттравматических изменениях проксимального отдела плечевой кости по шкале Constant: отличными они были в 11 (16%) случаях, хорошими — в 19 (26%), удовлетворительными — в 18 (25%) и плохими — в 23 (33%) случаях [8]. Как и в нашем исследовании, самым частым осложнением, по данным коллег, является вывих в эндопротезе. По нашему мнению, вывих происходит из-за слабости дельтовидной мышцы на стороне поражения, отсутствия мышечного баланса для стабилизации протеза. Крайне важным моментом является интраоперационное восстановление подостной и малой круглой мышц — единственных образований, обеспечивающих дополнительную стабилизацию сустава и активную наружную ротацию.

Полученные нами данные о снижении амплитуды М-ответа с дельтовидной мышцы в сравнении с контралатеральной у 48,9% пациентов сопоставимы с аналогичными данными литературы. Так, С.Р. Visser с соавторами отмечают, что частота возникновения нейропатии *N. axillaris* различной степени выраженности при травмах проксимального отдела плечевой кости достигает 58% [18]. Поэтому в настоящее время пациентам, чьи показатели ЭНМГ с дельтовидной мышцы менее 40% от контралатеральной, рекомендуется предоперационное консервативное лечение совместно с неврологом для восстановления тонуса дельтовидной мышцы. Кроме того, дополнительное лечение до момента эндопротезирования необходимо выполнять пациентам с тяжелой степенью остеопороза.

Помимо выявления различных костных дефектов, предоперационное планирование должно начинаться с определения сохранности коротких наружных ротаторов плеча, а именно — сухожилий подостной и малой круглой мышц, так как реконструкция данных анатомических образований повышает стабильность эндопротеза [19].

Общеизвестно, что основная стабильность реверсивного эндопротеза обеспечивается за счет тонуса дельтовидной мышцы. Однако вывихи в эндопротезе (нестабильность) являются частой проблемой — от 1,5 до 31% по данным J. Chaе с соавторами [20]. По-видимому, в отдельных ситуациях дельтовидная мышца не справляется со своей функцией. Именно это явление наблюдается у пациентов с застарелыми посттравматическими изменениями в плечевом суставе, имеющими гипотрофию дельтовидной мышцы. В своем исследовании E.V. Cheung с соавторами провели оценку результатов реверсивного эндопротезирования 119 пациентов с различной патологией, у 11 (9,2%) из которых выявлены вывихи после операции. Авторы отмечают, что к группе риска по нестабильности относятся пациенты с посттравматической патологией, несращением проксимального

отдела и большого бугорка плечевой кости, тотальным повреждением вращательной манжеты плеча [21].

Учитывая данные литературы, целесообразно применение дополнительной стабилизации эндопротеза. В качестве дополнительной стабилизации мы стараемся в процессе эндопротезирования выполнить реинсерцию сухожилий подостной и малой круглой мышц к плечевой кости, а при невозможности их восстановления выполняем транспозицию широчайшей мышцы спины. В случаях, когда большой бугорок плечевой кости интактен, высока вероятность, что сухожилия подостной и малой круглой мышц сохранили свое анатомическое прикрепление, при этом восстановления их в ходе эндопротезирования не требуется, достаточно ограничиться релизом. В послеоперационном периоде мы осуществляли иммобилизацию сустава мягкой косыночной повязкой, назначали раннюю ЛФК.

Как показывают наши наблюдения, при наличии ложных суставов хирургической шейки плечевой кости вращательная манжета плеча также не повреждается, так как сохранен большой бугорок. При этом в процессе имплантации реверсивного эндопротеза, как правило, удается выполнить рефиксацию сухожилий подостной и малой круглой мышц к плечевой кости. P. Raiss с соавторами представили результаты эндопротезирования 32 пациентов с несращениями кости проксимального отдела плеча, среди которых у 11 (34%) пациентов отмечались вывихи в эндопротезе после операции. Хотя клинические показатели значительно улучшились после операции, авторы обнаружили неприемлемо высокий уровень вывихов, связанных с интраоперационной резекцией бугорков. Авторы делают вывод о том, что по возможности следует сохранить бугорки и прикрепленную ротаторную манжету, чтобы уменьшить риск вывиха после реверсивной тотальной артропластики плечевого сустава [22].

Идея дополнительной стабилизации протеза путем переноса сухожилия широчайшей мышцы спины не нова и находит отражение в научных публикациях. A. Wey с соавторами исследовали статьи касательно результатов митотрансфера при эндопротезировании с января 1990 г. по март 2016 г. по базам данных PubMed, EMBASE, CINAHL, Medline and Cochrane Library. Авторы утверждают, что пациенты с дисфункцией ротаторов, перенесшие реверсивное эндопротезирование с транспозицией широчайшей мышцы спины, демонстрируют лучшие клинические результаты с частотой осложнений, сопоставимой с обычным эндопротезированием [23].

В недавно опубликованной статье I.A. Popescu с соавторами сообщают об исследовании резуль-

татов эндопротезирования плечевого сустава с переносом широчайшей мышцы спины по схожей методике. При этом отмечается значимое улучшение функциональных результатов, уменьшение количества осложнений [24].

Предложенная нами методика может быть рекомендована для дополнительной стабилизации реверсивного эндопротеза путем создания внутреннего мышечного баланса при невозможности реконструкции наружных ротаторов плеча. Основанием для данного утверждения являются полученные нами хорошие клинические результаты. В ходе оперативного вмешательства, помимо установки эндопротеза, необходимо создать дополнительную стабильность эндопротеза путем миопластики или миотранспозиции. С целью снижения рисков осложнений целесообразно воздерживаться от эндопротезирования в случаях выраженной гипотрофии дельтовидной мышцы и тяжелой степени остеопороза.

### Ограничение исследования

Небольшое количество наблюдений не позволяет достоверно утверждать об эффективности методики. Прооперированные пациенты требуют дальнейшего динамического контроля, а исследование — увеличения числа наблюдений.

**Этика публикации:** пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

### Вклад авторов

Чирков Н.Н. — разработка дизайна исследования, написание текста.

Николаев Н.С. — идея, анализ литературных данных.

Каминский А.В. — обработка данных, редактирование текста

Спиридонова О.В. — сбор клинического материала.

### Литература [References]

1. Егiazарян К.А., Ратьев А.П., Гордиенко Д.И., Григорьев А.В., Овчаренко Н.В. Среднесрочные результаты лечения переломов проксимального отдела плечевой кости методом внутрикостного остеосинтеза. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(4):81-88. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88. Egiazaryan K.A., Rat'ev A.P., Gordienko D.I., Grigoriev A.V., Ovcharenko N.V. [Medium-term results of treatment of fractures of the proximal humerus by the method of intraosseous osteosynthesis]. *Traumtologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(4):81-88. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88.
2. Cooper C., Cole Z.A., Holroyd C.R., Earl S.C., Harvey N.C., Dennison E.M. et al. Secular trends in the incidence of hip and other osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*. 2011;22(5):1277-1288. doi: 10.1007/s00198-011-1601-6.
3. Gwinner C., Greiner S., Gerhardt C., Scheibel M. [Reverse shoulder arthroplasty for fracture sequelae]. *Orthopade*. 2013;42(7):531-541. (In German). doi: 10.1007/s00132-012-2024-6.
4. Mansat P., Guity M.R., Bellumore Y., Mansat M. Shoulder arthroplasty for late sequelae of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2004;13(3):305-312. doi: 10.1016/j.jse.2004.01.020.
5. Wang J., Zhu Y., Zhang F., Chen W., Tian Y., Zhang Y. Meta-analysis suggests that reverse shoulder arthroplasty in proximal humerus fractures is a better option than hemiarthroplasty in the elderly. *Int Orthop*. 2016;40(3):531-539. doi: 10.1007/s00264-015-2811-x.
6. Zafra M., Uceda P., Flores M., Carpintero P. Reverse total shoulder replacement for nonunion of a fracture of the proximal humerus. *Bone Joint J*. 2014;96-B(9):1239-1243. doi: 10.1302/0301-620X.96B9.33157.
7. Монастырев В.В., Пономаренко Н.С., Михайлов И.Н., Бальжинимаев Д.Б. Диагностика и лечение пациентов с переломом проксимального отдела плечевой кости. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2018;154(3):66-71. Monastayrev V.V., Ponomarenko N.S., Mikhaylov I.N., Balzhinimaev D.B. [Diagnostics and treatment of proximal humerus fractures]. *Sibirskii Meditsinskii Zhurnal (Irkutsk)*. [Siberian Medical Journal (Irkutsk)]. 2018;154(3):66-71. (In Russian).
8. Boileau P., Trojani C., Walch G., Krishnan S.G., Romeo A., Sinnerton R.J. Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 2001;10(4):299-308. doi: 10.1067/mse.2001.115985.
9. Wall B., Nové-Josserand L., O'Connor D.P., Edwards T.B., Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(7):1476-1485. doi: 10.2106/JBJS.F.00666.
10. Hattrup S.J., Waldrop R., Sanchez-Sotelo J. Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Posttraumatic Sequelae. *J Orthop Trauma*. 2016;30(2):e41-47. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000416>.
11. Pastor M.F., Kieckbusch M., Kaufmann M., Ettinger M., Wellmann M., Smith T. Reverse shoulder arthroplasty for fracture sequelae: Clinical outcome and prognostic factors. *J Orthop Sci*. 2019;24(2):237-242. doi: 10.1016/j.jos.2018.09.016.
12. Holton J., Yousri T., Arealis G., Levy O. The Role of Reverse Shoulder Arthroplasty in Management of Proximal Humerus Fractures with Fracture Sequelae: A Systematic Review of the Literature. *Orthop Rev (Pavia)*. 2017;9(1):6977. <https://doi.org/10.4081/or.2017.6977>. eCollection 2017 Feb 20.
13. Hasty E.K., Jernigan E.W. 3rd, Soo A., Varkey D.T., Kamath G.V. Trends in Surgical Management and Costs for Operative Treatment of Proximal Humerus Fractures in the Elderly. *Orthopedics*. 2017;40(4):e641-e647. doi: 10.3928/01477447-20170411-03.
14. Puvanesarajah V., Shafiq B., Ingari J.V. Glenohumeral Arthrodesis With Reamer-Irrigator-Aspirator (RIA) Bone Grafting After Traumatic Proximal Humerus Bone Loss and Flail Shoulder. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2019;23(3):128-132. doi: 10.1097/BTH.0000000000000226.



15. Sebastia-Forcada E., Lizaur-Utrilla A., Cebrian-Gomez R., Miralles-Muñoz F.A., Lopez-Prats F.A.J. Outcomes of Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Proximal Humeral Fractures: Primary Arthroplasty Versus Secondary Arthroplasty After Failed Proximal Humeral Locking Plate Fixation. *Orthop Trauma*. 2017;31(8):e236-e240. doi: 10.1097/BOT.0000000000000858.
16. Vincent H.K., Struk A.M., Reed A., Wright T.W. Mid-term shoulder functional and quality of life outcomes after shoulder replacement in obese patients. *Springerplus*. 2016;5(1):1929. doi: 10.1186/s40064-016-3624-0.
17. Antuña S.A., Sperling J.W., Sánchez-Sotelo J., Cofield R.H.J. Shoulder arthroplasty for proximal humeral malunions: long-term results. *J Shoulder Elbow Surg*. 2002;11(2):122-129. doi: 10.1067/mse.2002.120913.
18. Visser C.P., Coene L.N., Brand R., Tavy D.L. Nerve lesions in proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2001;10(5):421-427. doi: 10.1067/mse.2001.118002.
19. Pastor M.F., Kraemer M., Wellmann M., Hurschler C., Smith T. Anterior stability of the reverse shoulder arthroplasty depending on implant configuration and rotator cuff condition. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016;136(11):1513-1519. doi: 10.1007/s00402-016-2560-3.
20. Chae J., Siljander M., Wiater J.M. Instability in Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018;26(17):587-596. doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00408.
21. Cheung E.V., Sarkissian E.J., Sox-Harris A., Comer G.C., Saleh J.R., Diaz R., Costouros J.G. Instability after reverse total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;27(11):1946-1952. doi: 10.1016/j.jse.2018.04.015.
22. Raiss P., Edwards T.B., da Silva M.R., Bruckner T., Loew M., Walch G. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of nonunions of the surgical neck of the proximal part of the humerus (type-3 fracture sequelae). *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(24):2070-2076. doi: 10.2106/JBJS.N.00405.
23. Wey A., Dunn J.C., Kusnezov N., Waterman B.R., Kilcoyne K.G. Improved external rotation with concomitant reverse total shoulder arthroplasty and latissimus dorsi tendon transfer: A systematic review. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(2):2309499017718398. doi: 10.1177/2309499017718398.
24. Popescu I.A., Bihel T., Henderson D., J.M. Becerra, Agneskirchner J., Lafosse L. Functional improvements in active elevation, external rotation, and internal rotation after reverse total shoulder arthroplasty with isolated latissimus dorsi transfer: surgical technique and midterm follow-up. *J Shoulder Elbow Surg*. 2019. 28(12):2356-2363. doi: 10.1016/j.jse.2019.04.039.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Чирков Николай Николаевич* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары); ассистент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной медицины ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7099-2672>

*Николаев Николай Станиславович* — д-р мед. наук, профессор, главный врач ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары); заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной медицины, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1560-470X>

*Каминский Андрей Владимирович* — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8647-4044>

*Спиридонова Ольга Владимировна* — врач ЛФК, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары), г. Чебоксары, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3871-4223>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Nikolai N. Chirkov* — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty; Assistant of Department of Traumatology, Orthopedics and Emergency Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7099-2672>

*Nikolai S. Nikolaev* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Physician of Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty; Head of Department of Traumatology, Orthopedics and Emergency Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1560-470X>

*Andrei V. Kaminskii* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Traumatology and Orthopedic Department, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8647-4044>

*Ol'ga V. Spiridonova* — Physiotherapy Doctor, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3871-4223>

## Одномышечковое латеральное эндопротезирование в структуре современной артропластики коленного сустава: «горе от ума» или оптимальное решение?

Д.В. Чугаев<sup>1</sup>, Н.Н. Корнилов<sup>1</sup>, А.С. Карпухин<sup>1,2</sup>, П.Г. Коган<sup>1</sup>, С.А. Ласунский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования Минздрава России, г. Чебоксары, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Последние исследования показывают, что значимой разницы в клинических и функциональных исходах между медиальным и латеральным одномышечковым эндопротезированием коленного сустава (ОЭКС) нет, несмотря на то, что латеральная частичная артропластика исторически считается более сложным оперативным вмешательством с менее прогнозируемым результатом, чем медиальная. **Гипотеза исследования** — ОЭКС у пациентов с латеральным гонартрозом терминальной стадии является эффективным хирургическим вмешательством, позволяющим получить хорошие и отличные среднесрочные функциональные результаты оперативного лечения, сходные с результатами частичной артропластики медиального отдела, и более высокие, чем при тотальном эндопротезировании коленного сустава (ТЭКС). **Материал и методы.** В ретроспективное двухцентровое исследование были включены 140 пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава, которым в период с 2011 по 2018 г. были произведены операции по замещению коленного сустава на искусственный. Группу I составили 15 пациентов с гонартрозом коленного сустава и вальгусной деформацией I типа по классификации Krawcow, которым было выполнено латеральное ОЭКС с фиксированным полностью полиэтиленовым большеберцовым компонентом. Группа II была сформирована из 58 больных с деформирующим артрозом коленного сустава, с преимущественным поражением его внутреннего отдела, которым произвели медиальное ОЭКС с использованием эндопротеза аналогичной конструкции. Группа III была представлена 67 пациентами с гонартрозом, сопровождающимся II типом вальгусной деформации по классификации Krawcow, которым было проведено ТЭКС с сохранением задней крестообразной связки. Сравнение между пациентами изучаемых групп было проведено по достигнутой амплитуде движений в прооперированном суставе, его функциональному состоянию (опросники Oxford Knee Score — OKS и Forgotten Joint Score — FJS), а также частоте и характеру осложнений. **Результаты.** В ходе исследования были поставлены две задачи. Первая задача — сравнить исходы одномышечкового эндопротезирования латерального и медиального отдела коленного сустава. При этом было выявлено, что одномышечковое латеральное эндопротезирование позволило пациентам получить хорошую функцию прооперированного сустава с наиболее высокими показателями в сравниваемых группах по шкале FJS. Вторая задача — проанализировать результаты частичного латерального и тотального замещения коленного сустава у пациентов с вальгусной деформацией. Наше исследование выявило наиболее высокие показатели по шкале FJS в группе одномышечкового эндопротезирования (71,5±5,3 против 65,2±7;  $p = 0,9$ ) на фоне незначительно более низкой амплитуды движений в коленном суставе по OKS (34,6±2,3 против 35,9±2,2;  $p = 0,7$ ) в сравнении с тотальным эндопротезированием (без статистически значимых различий). **Заключение.** Несмотря на то, что латеральное ОЭКС позволило добиться хорошего функционального исхода, интегральная балльная оценка оказалась такой же, как и в группах с медиальным ОЭКС и ТЭКС. Выявлена сильная корреляционная связь между удовлетворенностью пациентов проведенным лечением и увеличением возраста и ИМТ в группе латерального ОЭКС, тогда как в группе ТЭКС аналогичная связь была выявлена только между ИМТ и функциональными результатами по шкале FJS.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование коленного сустава, одномышечковое эндопротезирование коленного сустава, гонартроз.

Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Карпухин А.С., Коган П.Г., Ласунский С.А. Одномышечковое латеральное эндопротезирование в структуре современной артропластики коленного сустава: «горе от ума» или оптимальное решение? *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):34-48. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-34-48.

**Cite as:** Chugaev D.V., Kornilov N.N., Karpukhin A.S., Kogan P.G., Lasunsky S.A. [Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty in Structure of Modern Knee Replacement: Is It “Woe From Wit” or a Viable Go-To Method?]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):34-48. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-34-48.

✉ Чугаев Дмитрий Валерьевич / Dmitrii V. Chugaev; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 16.01.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 27.03.2020.

## Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty in Structure of Modern Knee Replacement: Is It «Woe From Wit» or a Viable Go-To Method?

D.V. Chugaev<sup>1</sup>, N.N. Kornilov<sup>1</sup>, A.S. Karpukhin<sup>1,2</sup>, P.G. Kogan<sup>1</sup>, S.A. Lasunsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

### Abstract

**Background.** Results of numerous contemporary studies indicate that medial and lateral unicompartmental knee arthroplasty (UKA) are almost equally effective both in clinical and functional aspects with no statistically significant difference in most cases. Furthermore, both operations tend to reach the effectiveness of total knee arthroplasty (TKA), despite the common opinion that any UKA is a more complex and skill challenging surgery with a less predictable outcome. **The purpose** – to assess if UKA in the patients with end-stage lateral unicompartmental osteoarthritis is an effective surgical intervention that may allow obtaining good and excellent medium-term functional results, that are comparable to the results of the medial unicompartmental arthroplasty, and to see if there are any benefits in comparison to the total knee arthroplasty (TKA). **Materials and Methods.** 140 middle-aged and elderly adults with end-stage osteoarthritis underwent knee arthroplasty at Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Cheboksary Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty. Group I (lateral UKA) (the main) consisted of 15 patients with knee arthritis and type I Krakow valgus knee deformity, who underwent the lateral UKA with a fixed all-polyethylene tibial component. Group II (medial UKA) included 58 patients with end-stage medial unicompartmental osteoarthritis, who underwent the medial UKA using an endoprosthesis of a similar design. Group III (TKA) was represented by 67 patients with gonarthrosis accompanied by type II Krakow valgus knee deformity, who underwent the total knee arthroplasty with cruciate retaining (CR) prosthesis. The comparison between the groups was carried out regarding the achieved range of motion, functional result (using Oxford Knee Score and Forgotten Joint Score), as well as the rate of different types of complications. **Results.** During the study, two main objectives were set. The first was to compare the outcomes of the lateral and medial UKA. It was revealed that the lateral UKA allowed the patients to obtain good function of the operated knee, with the best results among the compared groups on the Forgotten Joint Score. The second objective was to compare the results of the lateral UKA and TKA in the patients with type II Krakow valgus deformity. Here, our study revealed that the group of UKA (group I) compared to the TKA had better results according to Forgotten Joint Score ( $71.5 \pm 5.3$  vs  $65.2 \pm 7$ ;  $p = 0.9$ ) and had a slightly lower range of motion according to Oxford Knee Score ( $34.6 \pm 2.3$  versus  $35.9 \pm 2.2$ ;  $p = 0.7$ ). It is worth noting that in both cases the difference was not statistically significant. **Conclusion.** Despite the fact that the lateral UKA made it possible to achieve a good functional outcome, the integral score was the same as in the groups with the medial UKA and the total knee arthroplasty. The older patients were more satisfied with the results of the partial arthroplasty than with the results of the total.

**Keywords:** total knee arthroplasty, unicompartmental knee arthroplasty, knee osteoarthritis, UKA lateral, UKA medial, knee valgus deformity, knee varus deformity.

### Введение

В современном мире, несмотря на увеличение доступности высокотехнологичной ортопедической помощи, количество пациентов с гонартрозом не уменьшается, и благодаря информированности населения все большее количество людей обращаются к ортопедам за хирургической помощью [1]. Благодаря своей высокой эффективности ведущую роль в лечении терминального гонартроза на протяжении уже более четырех десятилетий прочно заняла операция тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС). Но ортопедическим хирургам и их пациентам важно учитывать, что одним из серьезных ограничений данного вида лечения является то, что

больные зачастую ожидают от операции большего, и уровень их притязаний оказывается значительно выше возможностей ТЭКС [2, 3, 4]. Кроме этого, в структуре больных с деформирующим артрозом коленного сустава увеличивается количество молодых, физически и социально активных пациентов с монологическим (с преимущественным поражением внутреннего или наружного отдела сустава) патологическим процессом, которые после выполнения операции эндопротезирования ожидают не просто избавления от болевого синдрома, но и возвращения утраченного высокого уровня двигательной активности, с которым напрямую ассоциировано их представление о качестве жизни. Для этой категории пациентов адек-

ватной альтернативой может быть частичное или одномышечковое эндопротезирование коленного сустава (ОЭКС), позволяющее в значительной степени сохранить физиологическую кинематику, добиться минимальной травматизации кости и мягких тканей в ходе хирургического вмешательства и, как следствие, получить более высокий функциональный результат [5].

Основным показанием к ОЭКС является деформирующий артроз II–III ст. с преимущественным поражением внутреннего отдела коленного сустава и варусной деформацией нижней конечности или с более выраженной патологией наружного отдела коленного сустава и вальгусной деформацией нижней конечности [6, 7]. Многие авторы сходятся во мнении, что ОЭКС — высокоэффективное оперативное вмешательство при молатеральном гонартрозе, имеющее ряд преимуществ перед тотальной артропластикой. К ним можно отнести меньшую интраоперационную травматизацию мягких тканей, низкий уровень периоперационной кровопотери, больший объем движений, который может получить пациент после эндопротезирования, что позволяет восстановить близкую к естественной кинематику коленного сустава [8, 9].

В структуре молатерального гонартроза на первом месте по частоте встречаемости находится дегенеративно-дистрофическое поражение медиального отдела коленного сустава с формированием варусной деформации. Количество пациентов с вальгусной деформацией значительно меньше и составляет порядка 10–15% от общего числа пациентов с гонартрозом [10, 11, 12]. При оценке данной группы пациентов важно также учитывать, что остеоартроз латерального отдела коленного сустава зачастую имеет посттравматическую этиологию (повреждение наружного мениска, переломы латерального мыщелка большеберцовой или бедренной кости) и реже, в отличие от медиального, идиопатическую [13, 14, 15]. Актуальность посттравматической этиологии латерального гонартроза подтверждается и частотой переломов плато большеберцовой кости среди внутрисуставных переломов нижних конечностей (10%), из которых 90% составляют переломы именно латерального мыщелка [15, 16].

Судить об эффективности одномышечкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава сложно в связи с тем, что пациентов, которым ортопеды в качестве хирургического лечения гонартроза, сочетающегося с вальгусной деформацией, выбирают частичную артропластику, крайне мало. Латеральное ОЭКС, по сведениям зарубежных авторов, выполняют лишь у 1% от всего числа больных, подвергающихся замене сустава на искусственный [17]. Ограничениями для дан-

ного вида хирургического вмешательства является малое количество профильных больных в популяции больных гонартрозом, возможные технические сложности, сопутствующие периоперационные риски и настороженное отношение ортопедов к операции гораздо менее отработанной, чем ТЭКС. Кроме всего прочего, трудности лечения пациентов с латеральным гонартрозом связаны еще и с особенностями вальгусной деформации, которая обуславливает сложности выполнения мягкотканого баланса коленного сустава в ходе эндопротезирования и увеличивает риск необходимости использования связанных конструкций или применения специальных хирургических техник во время оперативного вмешательства [10, 18].

Отечественных данных по эпидемиологии одномышечкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава нами не было найдено вообще, что подтверждает невысокую «популярность» данного вида хирургического вмешательства среди российских специалистов, что, впрочем, соответствует и общемировому тренду.

В то же время последние зарубежные исследования показывают, что значимой разницы в клинических и функциональных исходах между медиальным и латеральным ОЭКС нет, несмотря на то, что латеральная частичная артропластика исторически считается более сложным оперативным вмешательством с менее прогнозируемым результатом, чем ТЭКС [19, 20]. Желание объективно оценить, какое место занимает операция латерального ОЭКС в современной модели ортопедической помощи пациентам с гонартрозом в нашей стране и мире, обусловила проведение данного исследования.

**Гипотеза исследования:** ОЭКС у пациентов с латеральным гонартрозом терминальной стадии является эффективным хирургическим вмешательством, позволяющим получить хорошие и отличные среднесрочные функциональные результаты оперативного лечения, сходные с результатами частичной артропластики медиального отдела и более высокие, чем при ТЭКС.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Ретроспективное двухцентровое когортное. В исследование были включены 140 пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава, которым в период с 2011 по 2018 г. в РНИИТО им. Р.Р. Вредена (Санкт-Петербург) и Федеральном центре травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г. Чебоксары) были произведены операции по замещению коленного сустава на искусственный.

Группу I (основная) составили 15 пациентов с гонартрозом коленного сустава с вальгусной деформацией I типа по классификации Krackow,

которым была выполнена операция латерального ОЭКС с использованием конструкции Journey Uni (Smith&Nephew, Великобритания) с фиксированным, полностью полиэтиленовым большеберцовым компонентом.

Группа II была сформирована из 58 больных деформирующим артрозом коленного сустава, с преимущественным поражением его внутреннего отдела, которым произвели медиальное ОЭКС с использованием аналогичного имплантата.

Группа III была представлена 67 пациентами с гонартрозом, сопровождающимся II типом вальгусной деформации по классификации Krackow, которым было выполнено ТЭКС с сохранением задней крестообразной связки.

Главными критериями включения были клинические и рентгенологические признаки гонартроза, толерантного к консервативному лечению, с преимущественным поражением латерального или медиального отделов коленного сустава. Применительно к группам I и III — сопровождающегося первым (группа I) или вторым (группы III) типом вальгусной деформации по классификации Krackow [12]. При отборе пациентов мы не устанавливали ограничений по индексу массы тела, полу, возрасту. Итоговый количественный состав групп сравнения был обусловлен основным фактором — возможностью динамического наблюдения за пациентом и оценкой среднесрочных клинико-функциональных результатов проведенных хирургических вмешательств.

В общем числе исследуемых ( $n = 140$ ) не были включены 37 пациентов из прооперированных в связи с тем, что они были недоступны для опроса/осмотра в послеоперационном периоде (рис. 1).

Распределение по полу, возрасту и ИМТ пациентов, включенных в исследование, отражено в таблице 1.

**Оценка результатов**

Сравнение между пациентами изучаемых групп было проведено по следующим параметрам: объем движений в прооперированном коленном суставе после операции, функциональное состояние коленного сустава исследуемых пациентов с использованием опросников Oxford Knee Score (OKS) [21] и Forgotten Joint Score (FJS) [22] после операции, частота и характер осложнений.

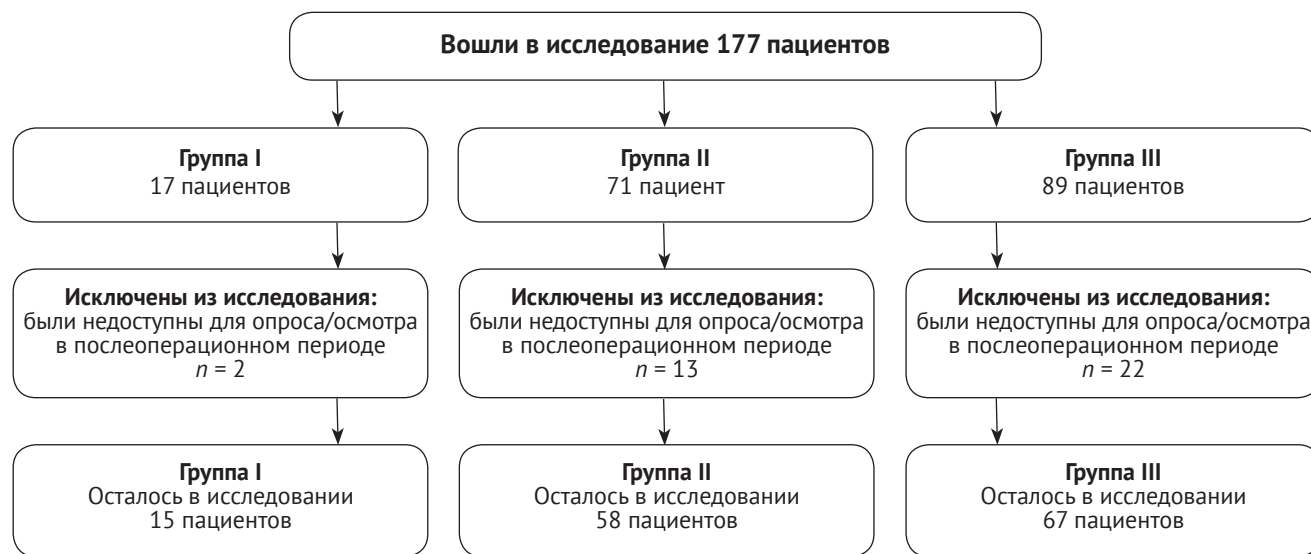


Рис. Распределение пациентов по группам исследования

Fig. Flowchart of the study

Таблица 1

**Характеристики пациентов, включенных в исследование**

Показатель	Группа			p
	I	II	III	
Пол, % женский мужской	93,3 6,7	80 20	85 15	1
Возраст, лет	58,3±4,0 (Me 59)	68±5 (Me 67)	60±5 (Me 61)	0,1
ИМТ	30,8±2,0 (Me 30)	30,4±2 (Me 31)	28,7±1,5 (Me 29)	1,1

Средний период после операции, в течение которого были оценены функциональные результаты и исходы проведенного оперативного лечения составил в среднем 4 года (Me — 4 года, SD 1,5 года), минимальное время — 12 мес.

### *Методы диагностики*

*Клиническое исследование коленного сустава.* До операции у пациентов оценивали степень выраженности хромоты, потребности в использовании дополнительной опоры при ходьбе, тяжесть деформации нижней конечности на уровне коленного сустава во фронтальной и сагиттальной плоскостях, объем пассивных и активных движений, степень фронтальной и сагиттальной связочной нестабильности, наличие контрактуры и ее тип. Одним из ключевых моментов мы считали возможность пассивной коррекции фронтальной деформации (насколько ригиден связочный комплекс на стороне поражения и в какой степени гипермобилен, то есть перерастянут, контралатеральный отдел коленного сустава). В сомнительных случаях, когда рентгенографические исследования не позволяли в полной мере оценить состояние коленного сустава, была использована МРТ.

*Рентгенологическое обследование пациентов.* Для уточнения показаний к артропластике перед вмешательством и оценки пространственного положения компонентов и качества их фиксации после операции всем исследуемым пациентам проводили рентгенографию коленного сустава в двух проекциях лежа и рентгенографию коленного сустава в прямой проекции с нагрузкой (в положении стоя со сгибанием на уровне коленного сустава 20–30°), телерентгенографию обеих нижних конечностей. Рентгенологически оценивали стадию деформирующего артроза, характер деструктивных изменений костей, формирующих коленный сустав, выраженность фронтальной деформации конечности и ее CORA (center of rotation angulation) [23].

### *Анестезиологическое пособие и профилактика тромбоэмболических осложнений*

Всем пациентам была выполнена спинно-мозговая анестезия с внутривенной седацией. За 30 мин. до начала операции вводили 1,5 г трафексамовой кислоты внутривенно. У пациентов всех исследуемых групп были применены однотипные схемы тромбопрофилактики: за 12 ч. до операции пациентам вводили низкомолекулярный гепарин (дозировку подбирали с учетом возраста, веса и коморбидности пациента), на протяжении послеоперационного периода применяли компрессионный эластический трикотаж I степени компрессии, в течение 3–5 дней 1 раз в сутки пациентам вводили подкожно низкомолекулярный

гепарин с переводом на пероральные антикоагулянты до 21 дня послеоперационного периода.

### *Особенности хирургического доступа*

Пациентам во всех группах сравнения операцию выполняли в положении пациента на спине с оперируемой нижней конечностью, фиксированной держателем ортопедического стола. У всех пациентов во время операции был использован пневматурникет с давлением в манжете 270–300 мм рт. ст.

Больным группы I выполняли переднелатеральный мини-инвазивный доступ к коленному суставу: кожный разрез длиной 7–10 см осуществляли по краю надколенника от его верхнего края до латеральной поверхности бугристости большеберцовой кости, в этих же пределах производили латеральную артротомию.

Пациентам группы II осуществляли переднемедиальный миниинвазивный доступ к коленному суставу: кожный разрез длиной 7–10 см осуществляли по краю надколенника от его верхнего края до медиальной поверхности бугристости большеберцовой кости, в этих же пределах производили медиальную парapatеллярную артротомию. Используемый хирургический доступ является концептуально близким к методике, разработанной J. Goodfellow с соавторами [24].

В группе III у всех пациентов выполняли переднелатеральный доступ к коленному суставу и этапы мягкотканного релиза по технике, предложенной P. Keblish [25].

### *Послеоперационное ведение*

Послеоперационное ведение и реабилитационная программа пациентов обеих групп была идентичной. Внешнюю иммобилизацию (гипсовая повязка, тугор, шарнирный брейс) не применяли, пациенты начинали ходить с дополнительной опорой на костыли с первого дня после операции, в то же время начинали разработку движений в прооперированном коленном суставе в пределах, лимитированных болевыми ощущениями.

### *Статистический анализ*

После получения исходных данных пациентов, включенных в исследование, были составлены электронные таблицы с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Статистическая обработка данных была выполнена с использованием программы Past 3.17 (2017). Для обработки статистического массива использовали методы непараметрической статистики: критерии Вилкоксона–Манна–Уитни и Колмогорова–Смирнова. Для исследуемых показателей определяли величину среднеквадратичного отклонения (стандартное отклонение, standart deviation, SD). Для поиска корреляции между ста-

тистическими выборками мы использовали критерий ранговой корреляции Спирмена.

### Результаты

В ходе исследования были поставлены две задачи: первая — сравнение латерального и медиального ОЭКС при имплантации одного вида эндопротеза с использованием одной инструментальной системы; вторая — анализ результатов латерального ОЭКС и ТЭКС у пациентов с вальгусной деформацией.

В ходе решения первой задачи было определено, что латеральное ОЭКС позволило достигнуть хорошей функции с наиболее высокими показателями в сравниваемых группах (согласно абсолютным значениям) по шкале FJS со статистически незначительной разницей (табл. 2). Однако пациенты этой группы дали более низкую оценку функции прооперированного колена по балльной

системе OKS (также согласно полученным данным, без статистически достоверных отличий).

Большинство осложнений в абсолютных значениях было зафиксировано в группе медиального ОЭКС (табл. 3).

Интенсивность болевого синдрома в одном случае (3,3%) в группе II привела к необходимости выполнения конверсии (ревизионное тотальное эндопротезирование коленного сустава). Кроме того, выполнение ревизионного эндопротезирования в группе I потребовалось в двух случаях (13,3%) по причине асептического расшатывания тиббиального компонента эндопротеза.

Согласно выполненной оценке корреляционных связей, удовлетворенность проведенным хирургическим лечением прямо пропорционально возрастала в зависимости от возраста и ИМТ у пациентов в группах латерального и медиального ОЭКС (табл. 4).

Таблица 2

#### Функциональные показатели оперированного коленного сустава у пациентов групп I и II по шкалам FJS и OKS

Шкала	Группа		Критерий Манна – Уитни	Критерий Краскела – Уоллиса
	I	II		
FJS	71,5±5,3 (Me 70,2)	64,4±8,2 (Me 66,6)	0,9	0,1
OKS	34,6±2,3 (Me 35)	35±2,4 (Me 35)	0,7	0,9

Таблица 3

#### Осложнения у пациентов групп I и II, включенных в исследование (первая задача)

Осложнения	Группа		p
	I	II	
Контрактура коленного сустава (тугоподвижность): разгибание больше 0° и сгибание меньше 110° (0–110°)	1 (6,6%)	4 (13,3%)	0,08
Хронический болевой синдром	–	2 (6,6%)	–
Асептическое расшатывание тиббиального компонента эндопротеза	2 (13,3%)	–	–

Таблица 4

#### Корреляционные связи морфологических показателей пациентов групп I и II с оценкой по шкалам OKS и FJS (первая задача исследования)

Показатели	Величина корреляции (прямой критерий Спирмена)	
	Группа	
	I	II
Возраст и OKS	0,7	0,2
ИМТ и OKS	0,6	0,2
Возраст и FJS	0,7	0,4
ИМТ и FJS	0,7	0,4

В ходе решения второй задачи исследования у большинства пациентов были зарегистрированы хорошие функциональные послеоперационные результаты как у группы пациентов с ОЭКС, так и у пациентов, перенесших ТЭКС (табл. 5). Наиболее высокие показатели по шкале FJS были отмечены после ОЭКС при бменьшей амплитуде движений в коленном суставе по шкале OKS в сравнении с ТЭКС (согласно абсолютным данным, без статистически значимых отличий).

Большее число осложнений в абсолютных числах наблюдалось в группе тотального эндопротезирования (табл. 6), при сравнении процентных долей частота осложнений в обеих группах была

равной (по 19,9%). Хотя асептическое расшатывание тиббиального компонента эндопротеза было выявлено в двух случаях (13,3%) при парциальном протезировании и ни в одном за весь период наблюдений среди тотальных эндопротезов.

При сравнении I и III групп сильная корреляционная связь удовлетворенности пациентов проведенной операцией была связана с увеличением возраста и ИМТ у пациентов группы латерального одномышцелкового протезирования, тогда как в группе тотального эндопротезирования аналогичная сильная корреляционная связь была выявлена только между ИМТ и функциональными результатами по шкале FJS (табл. 7).

Таблица 5

**Функциональные показатели коленного сустава у пациентов в группах I и III по шкалам FJS и OKS**

Шкала	Группа		Критерий Манна – Уитни	Критерий Краскела – Уоллиса
	I	III		
FJS	71,5±5,3 (Me 70,2)	65,2±7 (Me 66)	0,9	0,1
OKS	34,6±2,3 (Me 35)	35,9±2,2 (Me 35)	0,7	0,9

Таблица 6

**Осложнения у пациентов групп I и III (вторая задача исследования)**

Осложнение	Группы		p
	I	III	
Контрактура коленного сустава (тугоподвижность): разгибание больше 0° и сгибание меньше 110° (0–110°)	1 (6,6%)	5 (16,6%)	0,09
Хронический болевой синдром	–	1 (3,3%)	–
Асептическое расшатывание тиббиального компонента эндопротеза	2 (13,3%)	–	–

Таблица 7

**Корреляционные связи функциональных показателей пациентов групп I и III и баллов по оценочным шкалам OKS и FJS (вторая задача исследования)**

Показатели	Величина корреляции (прямой критерий Спирмена)	
	Группа	
	I	III
Возраст и OKS	0,7	0,4
ИМТ и OKS	0,6	0,4
Возраст и FJS	0,7	0,4
ИМТ и FJS	0,7	0,7



## Обсуждение

При сравнении абсолютных показателей всех исследуемых групп по итогам решения двух задач исследования можно сделать вывод, что пациенты с латеральным ОЭКС получили наилучшую функцию при оценке по шкале FJS (хотя и в целом, без высоких показателей) при сравнении как с парциальным медиальным протезированием, так и с тотальной артропластикой. Необходимо признать, что у большинства пациентов, включенных в исследование, были зарегистрированы высокие функциональные послеоперационные результаты как после ОЭКС, так и после ТЭКС. Как латеральное, так и медиальное ОЭКС не показали значимых преимуществ при оценке амплитуды движений в коленном суставе в сравнении с ТЭКС. Хотя традиционно именно хорошая амплитуда движений в коленном суставе является одним из первоочередных критериев, популяризирующих парциальную артропластику как метод выбора для пациентов с высоким уровнем послеоперационных ожиданий.

Начиная наше исследование, мы исходили из устойчивого позитивного тренда — большинство авторов сходятся во мнении, что одномышечковое эндопротезирование позволяет получить более высокую удовлетворенность перенесенным вмешательством и восстановить утраченную функцию коленного сустава [26]. Причем данное обстоятельство применимо как для медиального, так и для латерального ОЭКС [27] и не зависит от типа используемого эндопротеза (с мобильной или фиксированной платформой, полностью полиэтиленовым большеберцовым компонентом или с металлическим вкладышем) [28, 29, 30].

Выдвигаемая нами гипотеза подтвердилась лишь частично, так как полученные данные были противоречивыми. Несмотря на более высокую балльную оценку в группе латерального ОЭКС по шкале FJS, в той же группе показатели по OKS были наименьшими по сравнению с остальными пациентами, включенными в исследование. Различия были явными лишь при оценке абсолютных значений, тогда как статистически значимых различий выявлено не было. Производя контент-анализ литературы по данному вопросу, мы пытались оценить, с чем это может быть связано и так ли сильно разнятся полученные нами результаты с общемировыми.

### *Критерии отбора для парциальной артропластики коленного сустава*

Исследования показывают, что клинические результаты после выполнения медиального и латерального одномышечкового протезирования коленного сустава сопоставимы, однако большинство авторов указывают, что для достижения хоро-

ших результатов необходимо соблюдать критерии отбора пациентов, внимательно относиться к выравниванию оси конечности и корректному положению компонентов эндопротеза [19]. Для адекватного отбора пациентов, которым планируется операция одномышечкового эндопротезирования, могут быть полезны критерии Козинна–Скотта, которые, несмотря на значительную либерализацию, которой они подверглись в последнее время, остаются одним из самых распространенных инструментов [31].

Так, классическими показаниями к «идеальному» парциальному эндопротезированию являются возраст более 60 лет на момент операции, вес менее 82 кг, отсутствие необходимости выполнять тяжелую физическую работу, поражение коленного сустава, ограниченное лишь одним его отделом, и как главный субъективный показатель — боль, связанная с движениями и локализованная лишь в одном компартменте. Одним из основных предоперационно выявляемых признаков является возможность пассивной коррекции фронтальной деформации на уровне коленного сустава. Допустимая варусная или вальгусная деформация при этом не должна превышать 15°. Кроме того, для эффективного и длительного функционирования одномышечкового эндопротеза любой системы необходима интактная передняя крестообразная связка [19, 32].

В настоящее время упоминавшиеся уже критерии Козинна–Скотта обсуждаются, и некоторые авторы попытались расширить их, включая в свои исследования пациентов моложе 60 лет. Ими были получены хорошие показатели выживаемости эндопротеза и более высокие функциональные результаты, чем это было зарегистрировано в более ранних исследованиях [32]. По результатам нашего исследования в большей степени операцией одномышечкового эндопротезирования (как медиального, так и латерального) были удовлетворены пациенты старшей возрастной группы — была выявлена сильная корреляционная связь между возрастом и высокими функциональными результатами. Кроме того, несмотря на совершенствование технологий производства и имплантации современных одномышечковых эндопротезов, количество ревизий у молодых пациентов остается высоким [26, 33]. Это обстоятельство формирует некий диссонанс, обусловленный тем, что ортопед стремится выбрать операцию одномышечкового эндопротезирования для пациента, стремящегося вернуться к спорту, имеющего высокий уровень физической активности, предъявляющего высокие требования к функциональным результатам операции, но в итоге мы видим, что парциальная артропластика — это, в первую очередь, решение для пожилых пациентов, у которых и выживае-

мость имплантата, и удовлетворенность будут значительно выше, чем у молодых [34].

Несмотря на это, молодые и активные пациенты, которые подвергаются парциальному протезированию, все же ждут восстановления высокого уровня активности после проведенной операции частичной артропластики [35]. Несколько современных исследований со средней продолжительностью наблюдения около 3 лет показали, что большинство из прооперированных больных смогли вернуться к спорту и активной жизни после операции — почти 100% при медиальном и около 98% — при латеральном ОЭКС [32, 33, 36]. Хотя необходимо отметить, что это может быть обусловлено не только необычайно высокой эффективностью выполненного хирургического лечения, но и качественным отбором пациентов, имеющих настолько высокий уровень функциональных запросов, чтобы после перенесенного эндопротезирования вернуться к регулярным занятиям спортом.

Среди критериев отбора высокий ИМТ традиционно считается негативным фактором, способным увеличить частоту осложнений и необходимость ревизионных вмешательств [33, 37, 38]. Несмотря на это ряд авторов не расценивают ожирение как противопоказание к одномышечковому эндопротезированию, не находят различий в результатах между группой больных с ожирением и пациентами с нормальной массой тела [38]. Наши данные подтвердили, что пациенты с высоким ИМТ в группах латерального и медиального парциального эндопротезирования остались наиболее удовлетворены функциональным результатом выполненного оперативного вмешательства.

В отношении исправления имеющейся у пациента фронтальной деформации в ходе операции одномышечкового эндопротезирования ряд авторов сходятся во мнении, что недостаточная коррекция способствует улучшению функциональных результатов [39, 40]. Для того чтобы предотвратить перегрузку медиального отдела, окончательная коррекция при латеральном парциальном протезировании коленного сустава, по мнению J.P. van der List с соавторами, должна быть в пределах 5–7° или, по мнению T. Ohdera с соавторами, даже 3–7° от исходного уровня вальгусной деформации [40, 41]. Другая группа исследователей установила, что функциональные исходы медиальной артропластики коленного сустава менее чувствительны к гиперкоррекции оси конечности, но с нейтральным выравниванием (до 3° от исходной варусной деформации) естественное ощущение сустава у пациентов субъективно было лучше [42]. M. Vasso с соавторами для более высоких функциональных результатов предложили выравнивание оси конечности при варусной деформации от 2 до 4° [43].

Таким образом, по мнению современных исследователей, соблюдение показаний и деликатная коррекция нарушенной оси конечности являются обязательными факторами получения хорошего результата при одномышечковом эндопротезировании коленного сустава.

При анализе полученных в ходе настоящего исследования результатов нами было зафиксировано, что на протяжении короткого периода времени (до 5 лет, что соответствует средним срокам) двоим пациентам из группы латерального и трем — из группы медиального одномышечкового протезирования было выполнено ревизионное вмешательство (конверсия в тотальное эндопротезирование), что, безусловно, требует анализа и более тщательного подхода к отбору пациентов, подвергающихся парциальной артропластике.

### *Обсуждение первой задачи исследования*

Напрямую сравнивать частичную артропластику латерального и медиального отделов коленного сустава довольно сложно в связи с тем, что, как упоминалось выше, статистически вальгусная деформация коленного сустава встречается значительно реже, чем варусная, и в структуре пациентов, подвергающихся одномышечковому эндопротезированию, распределение между артропластикой латерального/медиального отделов составляет порядка 1/10 [17]. Кроме того, анатомо-физиологические различия латерального и медиального отделов коленного сустава оказывают существенное влияние на технику ОЭКС, делая его более технически сложным и трудно воспроизводимым вмешательством. Наиболее важными из анатомических особенностей латерального отдела коленного сустава, на наш взгляд, являются: практически плоская поверхность латерального мыщелка большеберцовой кости, имеющая нейтральный или отрицательный наклон, в отличие от вогнутого медиального мыщелка с выраженным сагиттальным наклоном кзади; преимущественно динамическая стабильность, обеспечиваемая латеральными мягкоткаными стабилизаторами, в отличие от статических медиальных [44, 45]. Именно эта избыточная подвижность латерального отдела в сгибании и в средних положениях и является фактором формирования вывиха менискового вкладыша при латеральном ОЭКС с использованием мобильных систем [46].

Ключевые различия кроются в биомеханике латерального и медиального отделов коленного сустава. Смещение латерального мениска при сгибании-разгибании и ротации в 2 раза больше (11–12 мм), чем внутреннего (5–6 мм). При глубоком сгибании (>120°) наружный мыщелок бедренной кости откатывается за задний край плато вместе с задним рогом латерального мениска,

в то время как заднее смещение медиального мениска прекращается при 90° сгибания, и как мыщелок бедренной, так и медиальный мениск остаются на верхней поверхности плато; наличие так называемого «screw-home» механизма в латеральном отделе, обеспечивающего стабилизацию коленного сустава в разгибании [44].

Из-за всего вышеперечисленного хирургическое лечение пациентов с деформирующим артрозом коленного сустава, сопровождающимся вальгусной деформацией конечности, не всегда может быть выполнено с помощью тривиальных хирургических опций, зачастую сопровождается потребностью в имплантации связанных конструкций и может быть охарактеризовано как «первичное сложное эндопротезирование» [10, 18, 47, 48].

Даже вопрос о том, какой должен быть использован доступ для выполнения частичной артропластики при латеральном гонартрозе, остается дискуссионным. Так, использование стандартного медиального парapatеллярного доступа к коленному суставу для латеральной артропластики является более травматичным, может сопровождаться повреждением медиального мениска, большей кровопотерей и значимой травматизацией мягких тканей. По данным Т.А. Edmiston с соавторами, после латерального ОЭКС удовлетворенность пациентов результатом операции оказалась выше в группе с медиальным парapatеллярным, чем с латеральным доступом [49]. Кроме того, к потенциальным преимуществам использования стандартного доступа к коленному суставу для имплантации одномышечкового эндопротеза в латеральном отделе некоторые исследователи относят образование кожного рубца с более «удобным» расположением, что важно при ревизионном вмешательстве для конверсии в тотальный [50]. Немаловажно и то, что медиальная артротомия дает более привычную для хирурга визуализацию коленного сустава, позволяя лучше ориентироваться в сложной клинической ситуации.

Из-за анатомических особенностей латерального отдела коленного сустава эндопротезы с подвижным вкладышем для латерального парциального эндопротезирования используются реже, чем с фиксированным, что связано с потенциальными рисками данного вмешательства [51]. Хотя множество исследований показывают, что именно протезы с подвижными вкладышами (для медиального отдела коленного сустава) наиболее адаптированы к биомеханике здорового сустава [52]. Вероятно, это обусловлено кинематикой менискового вкладыша: при сгибании он смещается кзади, а при разгибании — кпереди, что позволяет увеличивать контакт между вкладышем и бедренным компонентом и обеспечивает снижение износа полиэтилена, а также уменьшает риск асептического

расшатывания большеберцового компонента [24]. Несмотря на то, что ряд авторов не видят существенных отличий в выживаемости одномышечковых протезов в зависимости от их модели, отмечается, что при выполнении ОЭКС имплантатами с мобильным вкладышем высок риск их дислокации в раннем послеоперационном периоде, а в случае использования фиксированного вкладыша возрастает необходимость ревизий, связанных с его износом в отдаленном периоде [53].

Наиболее распространенными осложнениями при ОЭКС являются асептическое расшатывание, прогрессирование остеоартроза в смежных отделах сустава, вывих подвижного вкладыша, инфекция, нестабильность, необъяснимая боль после эндопротезирования, перипротезный перелом, износ полиэтилена [54, 55]. J.A. Epinette с соавторами в ретроспективном мультицентровом исследовании проанализировали 418 неудачных парциальных операций артропластики коленного сустава и выявили, что асептическое расшатывание большеберцового компонента наблюдается чаще и развивается значительно раньше (37,7% в течение 2 лет) по сравнению с бедренным компонентом. По данным авторов, асептическое расшатывание было намного более распространено при медиальном ОЭКС, чем при ТЭКС. Результаты проведенного нами исследования согласуются с данными литературы в отношении раннего асептического расшатывания тиббиального компонента, хотя оба выявленных в нашей работе случая развились в группе латерального ОЭКС [56].

Хронический болевой синдром при ОЭКС, по нашим данным, наблюдался только в группе медиальной артропластики и составил 6,6% случаев. Именно в данной группе болевой синдром в одном наблюдении привел к необходимости выполнить конверсию в ТЭКС. В исследовании на базе национального регистра Англии и Уэльса также был выявлен более высокий показатель ревизий из-за необъяснимой боли при ОЭКС в сравнении с ТЭКС [57]. Авторы объясняют это тем, что ревизия после частичной артропластики проще, чем после тотальной, поэтому и врач, и пациент в последнем случае принимают более взвешенное решение. Кроме того, часто неопытные хирурги винят в развитии боли контралатеральный отдел коленного сустава, даже если это не подтверждается рентгенологическими исследованиями или данными МРТ, что зачастую приводит к выполнению бесполезных ревизионных вмешательств.

M.J. Johnson и M.R. Mahfouz утверждают, что из-за анатомических и кинематических различий медиального и латерального отделов коленного сустава нельзя рассматривать причины неудачных исходов их частичного замещения в совокупности: более информативно будет проанализировать

осложнения данных видов операций отдельно для каждой из локализаций [55]. Современные систематические обзоры показывают, что причины ревизий при частичной артропластике медиального и латерального отделов коленного сустава разнятся [34, 54]. Самой распространенной причиной ревизии при эндопротезировании медиального отдела является асептическое расшатывание (36%), на втором месте находится прогрессирование остеоартроза (20%). Асептическое расшатывание, по данным авторов, было наиболее частой причиной ревизий в раннем послеоперационном периоде (26%), в то время как прогрессирование остеоартроза чаще наблюдалось в средние и поздние сроки (38% и 40% соответственно). Износ полиэтиленового вкладыша и нестабильность компонентов эндопротеза были более распространены в имплантатах с фиксированным вкладышем, тогда как необъяснимая боль и вывих мобильного вкладыша чаще встречались при использовании мобильных систем [58, 59].

По данным когортных исследований, среди причин конверсии при латеральном парциальном протезировании на первом месте находится прогрессирование остеоартроза (29%), на втором — асептическое расшатывание (23%), на третьем — вывих мобильного вкладыша (10%). Прогрессирование остеоартроза составляет 36%, вывих вкладыша эндопротеза — 17%, асептическое расшатывание — 16%, а по результатам анализа данных регистров асептическое расшатывание было выявлено в 28% случаев, прогрессирование остеоартроза — в 24%, дислокация вкладыша — в 5% [54]. Эту разницу можно объяснить тем, что данные исследования сообщают о результатах отдельных специализированных медицинских центров с большим опытом, в то время как регистры рассматривают данные из всех медучреждений, в том числе тех, у кого частота выполнения подобных оперативных вмешательств совсем мала. Полученные нами результаты в отношении причин ревизий в группе I совпадают с общемировыми.

Сравнивая качество жизни после одномышечкового эндопротезирования коленного сустава, T.R. Liebs и W. Herzberg пришли к выводу, что более низкие показатели здоровья были у пациентов, перенесших латеральное частичное протезирование в сравнении с медиальным: функциональная шкала WOMAC: 34 против 23 ( $p = 0,03$ ), шкала боли WOMAC: 34 против 21 ( $p = 0,003$ ) и общая физическая составляющая по SF-36: 38 против 41 ( $p = 0,044$ ) [27].

О меньшей результативности одномышечкового протезирования латерального отдела в сравнении с медиальным сообщили и D. Saragaglia с соавторами, в исследовании которых средний балл по OKS составил  $21 \pm 8$  для медиального и  $18 \pm 5$  для ла-

терального ОЭКС [60]. Полученные в нашей работе данные, напротив, показывают, что одномышечковое латеральное эндопротезирование позволяет пациентам получить не только хорошую функцию прооперированного сустава, но и более высокие показатели по сравнению с медиальной артропластикой по FJS ( $71,5 \pm 5,3$  против  $64,4 \pm 8,2$  и  $63,5 \pm 6,1$ ) с незначительно более низкой оценкой объема движений в коленном суставе по OKS ( $34,6 \pm 2,3$  против  $35 \pm 2,4$  и  $35 \pm 2,2$ ).

Близкие к нашим результаты получили J.P. van der List с соавторами. В исследованиях по оценке функции после ОЭКС они наблюдали пациентов на протяжении двух лет и сообщили о хороших результатах как медиальной, так и латеральной артропластики —  $89,8 \pm 11,7$  и  $90,2 \pm 12,4$  соответственно по шкале WOMAC ( $p = 0,855$ ) и  $71,2 \pm 24,5$  и  $70,9 \pm 28$  по шкале FJS ( $p = 0,956$ ) [42].

Таким образом, ни мировые результаты, ни полученные в ходе настоящего исследования данные не позволили выявить объективную разницу в клинических и функциональных исходах между концептуально различными медиальным и латеральным одномышечковым эндопротезированием коленного сустава.

#### *Обсуждение второй задачи исследования*

При сравнении латерального парциального и тотального эндопротезирования коленного сустава следует отметить, что технические хирургические аспекты при замещении латерального отдела сустава не просто важны, но и являются критическими, так как, лишь сохранив во время операции эндопротезирования природную биомеханику коленного сустава, можно рассчитывать на преимущества данного вмешательства перед стандартным тотальным эндопротезированием.

Наше исследование выявило, хотя и без статистически значимых отличий, наиболее высокие показатели по шкале FJS в группе одномышечкового эндопротезирования ( $71,5 \pm 5,3$  против  $65,2 \pm 7,0$ ), на фоне незначительно более низкой амплитуды движений в коленном суставе по системе оценки OKS ( $34,6 \pm 2,3$  против  $35,9 \pm 2,2$ ) по сравнению с тотальным эндопротезированием.

По данным T. Walker с соавторами, клинические результаты латерального ОЭКС позволяют добиться лучшего функционального результата по сравнению с ТЭКС [61]. Средний срок наблюдения в исследовании составил 19–22 мес., пациенты после вмешательства на латеральном отделе сустава имели статистически значимо более высокие средние показатели по OKS ( $14,3 \pm 6,0$  против  $9,6 \pm 8,0$ ) и в диапазоне движения ( $12 \pm 19^\circ$  против  $-3 \pm 20^\circ$ ). Выживаемость через 2 года (оценивалась ревизия по любой причине) составила 96% (95% ДИ 72–99) для ОЭКС и 100% для ТЭКС [62].

Другие исследователи также сообщили об удовлетворительных клинических исходах латерального ОЭКС как при идиопатическом, так и при посттравматическом остеоартрозе [13, 63, 64].

Согласно Т. Walker с соавторами, при выполнении латерального ОЭКС у относительно молодых пациентов можно достичь хороших функциональных результатов и вернуть пациентов к занятиям спортом. По их данным, до 98% таких пациентов возвращаются к полноценной жизнедеятельности без ограничений, связанных с перенесенной артропластикой, а две трети из них достигают высокого уровня физической активности, в том числе спортивной [65]. К схожим результатам пришли S. Lustig с соавторами, которые сообщили, что ОЭКС может облегчить боль и восстановить функцию у относительно молодых пациентов с посттравматическим остеоартрозом латерального отдела [13]. В то же время другие авторы выяснили, что аналогичные функциональные результаты и возвращение к спорту достигаются и у пациентов после ТЭКС [66].

Напротив, N.G. Weiss с соавторами проанализировали серию из 62 пациентов со средним сроком наблюдения 4,2 года (средний возраст пациента 46 лет), у которых для хирургического лечения посттравматического (после перелома большеберцового плато) латерального артроза было выбрано тотальное эндопротезирование. При среднем балле по шкале KSS для коленного сустава 82,9 они выявили ряд периоперационных (10%) и послеоперационных (26%) осложнений с общей частотой ревизий до 21% в первые 5 лет после перенесенной операции [67].

Таким образом, опубликованные данные в отношении частичного и тотального протезирования коленного сустава противоречивы: нельзя отметить явные преимущества одного из этих видов хирургического вмешательства для оперативного лечения больных с изолированным латеральным гонартрозом. Анализ литературы и собственные результаты свидетельствуют о том, что латеральное ОЭКС является допустимым вариантом при изолированном остеоартрозе и является менее инвазивным, хотя и технически более сложным вмешательством с хорошим восстановлением функции коленного сустава в послеоперационном периоде, сопоставимым с тотальной артропластикой, но без выявленных нами значимых преимуществ. ОЭКС, с одной стороны, позволяет большинству активных пациентов вернуться к занятиям физкультурой и спортом, в то время как современные метаанализы прямо указывают на то, что частичная артропластика — операция выбора для пожилых пациентов, и крайне высокий уровень физической активности может быть одной из причин ранней ревизии.

### Ограничения исследования

Можно заключить, что в связи с ограниченным количеством наблюдений в основной группе необходимо дополнительное наблюдение за пациентами после латерального ОЭКС и исследование исходов перенесенного хирургического вмешательства в долгосрочной перспективе.

Большинство работ, посвященных изучению латерального ОЭКС, в том числе и наша, представляют серии из небольшого количества наблюдений. Данное обстоятельство является наиболее серьезным, но трудно корректируемым ограничением, связанным со следующими факторами — малым размером данной группы пациентов в общей структуре больных гонартрозом, недостаточной информированностью ортопедических хирургов о данном виде операции и малой «популярностью» данного вида хирургического вмешательства.

Относительно дизайна исследования, безусловно, оптимальными группами сравнения были бы латеральное и медиальное эндопротезирование с использованием различных систем (с фиксированной и мобильной платформами). Но в связи с высоким риском вывиха мобильного вкладыша при латеральной парциальной артропластике от набора данной группы было решено воздержаться, хотя в литературе встречаются обнадеживающие данные об успешном использовании данной методики.

**Этика публикации:** пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

### Вклад авторов

*Чугаев Д.В.* — разработка дизайна исследования, сбор и анализ данных, написание статьи.

*Корнилов Н.Н.* — разработка дизайна исследования, редактирование статьи.

*Карпухин А.С.* — сбор данных, редактирование статьи.

*Коган П.Г.* — редактирование статьи.

*Ласунский С.А.* — разработка дизайна, участие в клинической части исследования.

### Литература [References]

1. Корнилов Н.Н., Денисов А.А. Парадигма раннего гонартроза: обзор современных возможностей диагностики и лечения (часть 1). *Терапевтический архив*. 2017;89(12):238–243. doi: 10.17116/terarkh20178912238-243. Kornilov N.N., Denisov A.A. A paradigm of early gonarthrosis: a review of the current diagnostic and treatment options (Part 1). *Terapevticheskiy*

- arkhiv* [Therapeutic archive]. 2017;89(12):238-243. (In Russian). doi: 10.17116/terarkh20178912238-243.
2. Dunbar M.J., Richardson G., Robertsson O. I can't get no satisfaction after my total knee replacement: rhymes and reasons. *Bone Joint J.* 2013;95-B(11 Suppl A):148-152. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32767.
  3. Wylde V., Dieppe P., Hewlett S., Learmonth I.D. Total knee replacement: is it really an effective procedure for all? *Knee.* 2007;14(6):417-423. doi: 10.1016/j.knee.2007.06.001.
  4. Scott C.E., Howie C.R., MacDonald D., Biant L.C. Predicting dissatisfaction following total knee replacement: a prospective study of 1217 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(9):1253-1258. doi: 10.1302/0301-620X.92B9.24394.
  5. Lyons M.C., MacDonald S.J., Somerville L.E., Naudie D.D., McCalden R.W. Unicompartamental versus total knee arthroplasty database analysis: is there a winner? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):84-90. doi: 10.1007/s11999-011-2144-z.
  6. Даниляк В.В., Молодов М.А., Ключевский В.В., Вергай А.А., Жиженкова Т.В. Осложнения одномышечкового эндопротезирования коленного сустава. *Кремлевская медицина.* 2015; (4):21-26. Danilyak V.V., Molodov M.A., Klyuchevsky V.V., Vergai A.A., Zhizhenkova T.V. [Complications of unicompartmental endoprosthesis in the knee joint]. *Kremlevskaya meditsina* [Kremlin Medicine Journal]. 2015;(4):21-26. (In Russian).
  7. Эшназаров К., Хонг-Чул Л., Каримов М. Анализ отдаленных результатов применения и сроков выживаемости одномышечковых эндопротезов коленного сустава. *Гений ортопедии.* 2016;1:60-65. doi: 10.18019/1028-4427-2016-1-60-65. Eshnazarov K., Hong-Chul L., Karimov M. [Analysing the long-term results of using and those of survival terms for unicompartmental knee arthroplasty]. *Genij ortopedii.* 2016;1:60-65. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2016-1-60-65.
  8. Thein R., Khamaisy S., Zuiderbaan H.A., Nawabi D.H., Pearle A.D. Lateral robotic unicompartmental knee arthroplasty. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2014;22(4):223-228. doi: 10.1097/JSA.0000000000000053.
  9. Wada K., Hamada D., Takasago T., Nitta A., Goto T., Tonogai I. et al. Native rotational knee kinematics is restored after lateral UKA but not after medial UKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(11):3438-3443. doi: 10.1007/s00167-018-4919-1.
  10. Rossi R., Rosso F., Cottino U., Dettoni F., Bonasia D.E., Bruzzone M. Total knee arthroplasty in the valgus knee. *Int Orthop.* 2014;38(2):273-283. doi: 10.1007/s00264-013-2227-4.
  11. Ranawat A.S., Ranawat C.S., Elkus M., Rasquinha V.J., Rossi R., Babhulkar S. Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87 Suppl 1 (Pt 2):271-284. doi: 10.2106/JBJS.E.00308.
  12. Krackow K.A., Jones M.M., Teeny S.M., Hungerford D.S. Primary total knee arthroplasty in patients with fixed valgus deformity. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(273):9-18.
  13. Lustig S., Parratte S., Magnussen R.A., Argenson J.N., Neyret P. Lateral unicompartmental knee arthroplasty relieves pain and improves function in posttraumatic osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):69-76. doi: 10.1007/s11999-011-1963-2.
  14. Elsoe R., Johansen M.B., Larsen P. Tibial plateau fractures are associated with a long-lasting increased risk of total knee arthroplasty a matched cohort study of 7,950 tibial plateau fractures. *Osteoarthritis Cartilage.* 2019;27(5):805-809. doi: 10.1016/j.joca.2018.12.020.
  15. Papagelopoulos P.J., Partsinevelos A.A., Themistocleous G.S., Mavrogenis A.F., Korres D.S., Soucacos P.N. Complications after tibia plateau fracture surgery. *Injury.* 2006;37(6):475-84. doi: 10.1016/j.injury.2005.06.035.
  16. Wasserstein D., Henry P., Paterson J.M., Kreder H.J., Jenkinson R. Risk of total knee arthroplasty after operatively treated tibial plateau fracture: a matched-population-based cohort study. *J Bone Joint Surg Am.* 2014. 96(2): 144-150. doi: 10.2106/JBJS.L.01691.
  17. Berend K.R., Turnbull N.J., Howell R.E., Lombardi A.V. Jr. The current trends for lateral unicompartmental knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am.* 2015;46(2):177-184. doi: 10.1016/j.ocl.2014.10.001.
  18. Стафеев Д.В., Чугаев Д.В., Ласунский С.А., Корнилов Н.Н., Синеокий А.Д. Эффективность и безопасность скользящей остеотомии наружного мыщелка бедренной кости при артропластике коленного сустава у пациентов с фиксированной вальгусной деформацией III типа по классификации Krakow. *Гений Ортопедии.* 2017;23(3):314-322. doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-314-322. Stafeev D.V., Chugaev D.V., Lasunsky S.A., Korniliv N.N., Sineoky A.D. [Efficiency and safety of sliding osteotomy of the lateral femoral condyle in total knee arthroplasty in patients with fixed valgus deformity (Krackow type III)]. *Genij Ortopedii.* 2017;23(3):314-322. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-314-322.
  19. Focchi A., Condello V., Madonna V., Bonomo M., Zorzi C. Medial vs lateral unicompartmental knee arthroplasty: clinical result. *Acta Biomed.* 2017;88(2S):38-44. doi: 10.23750/abm.v88i2-S.6510.
  20. Johal S., Nakano N., Baxter M., Hujazi I., Pandit H., Khanduja V. Unicompartmental Knee Arthroplasty: The Past, Current Controversies, and Future Perspectives. *J Knee Surg.* 2018;31(10):992-998. doi: 10.1055/s-0038-1625961.
  21. Синеокий А.Д., Билык С.С., Близиных В.В., Ефимов Н.Н., Коваленко А.Н., Бадмаев А.О. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии анкеты Oxford Knee Score для пациентов с гонартрозом, ожидающих выполнения первичного эндопротезирования. *Современные проблемы науки и образования.* 2017;(2). Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26312>. Sineokiy A.D., Bilyk S.S., Bliznyukov V.V., Efimov N.N., Kovalenko A.N., Badmaev A.O. [Oxford Knee Score: cross-cultural adaptation and validation of the russian version in patients with osteoarthritis of the knee]. [Modern problems of science and education]. 2017;(2). Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26312>.
  22. Behrend H., Giesinger K., Giesinger J.M., Kuster M.S. The «Forgotten Joint» as the Ultimate Goal in Joint Arthroplasty. Validation of a New Patient-Reported Outcome Measure. *J Arthroplasty.* 2012;27(3):430-436.e1. doi: 10.1016/j.arth.2011.06.035.
  23. Paley D. Principles of deformity correction. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2002. pp. 64-81.
  24. Goodfellow J., O'Connor J., Dodd C. Unicompartmental Arthroplasty with the Oxford Knee. Goodfellow Publishers; 2011. 290 p.
  25. Kewish P.A. The lateral approach for total knee arthroplasty. *J Knee Surg.* 2003;16(1):62-68.
  26. van der List J., Chawla H., Villa J.C., Pearle A.D. The Role of Patient Characteristics on the Choice of Unicompartmental versus Total Knee Arthroplasty in

- Patients With Medial Osteoarthritis. *J Arthroplasty*. 2017;32(3):761-766. doi: 10.1016/j.arth.2016.08.015.
27. Liebs T.R., Herzberg W. Better quality of life after medial versus lateral unicompartmental knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(8):2629-2640. doi: 10.1007/s11999-013-2966-y.
  28. Parratte S., Pauly V., Aubaniac J.M., Argenson J.N. No long-term difference between fixed and mobile medial unicompartmental arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(1):61-68. doi: 10.1007/s11999-011-1961-4.
  29. Manzotti A., Cerveri P., Pullen C., Confalonieri N. A flat all-polyethylene tibial component in medial unicompartmental knee arthroplasty: a long-term study. *Knee*. 2014;21 Suppl 1:S20-25. doi: 10.1016/S0968-0160(14)50005-1.
  30. Amaro J.T., Arliani G.G., Astur D.C., Debieux P., Kaleka C.C., Cohen M. No difference between fixed- and mobile-bearing total knee arthroplasty in activities of daily living and pain: a randomized clinical trial. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2017;25(6):1692-1696. doi: 10.1007/s00167-016-4106-1.
  31. Kozinn S.C., Scott R.D. Surgical treatment of unicompartmental degenerative arthritis of the knee. *Rheum Dis Clin North Am*. 1988;14(3):545-564.
  32. Witjes S., Gouttebauge V., Kuijjer P.P., van Geenen R.C., Poolman R.W., Kerkhoffs G.M. Return to Sports and Physical Activity After Total and Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2016;46(2):269-292. doi: 10.1007/s40279-015-0421-9.
  33. Jeschke E., Gehrke T., Günster C., Hassenpflug J., Malzahn J., Niethard F.U. et al. Five-year survival of 20,946 unicompartmental knee replacements and patient risk factors for failure: An analysis of German insurance data. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(20):1691-1698. doi: 10.2106/JBJS.15.01060.
  34. van der List J.P., Zuiderbaan H.A., Pearle A.D. Why Do Medial Unicompartmental Knee Arthroplasties Fail Today? *J Arthroplasty*. 2016;31(5):1016-1021. doi: 10.1016/j.arth.2015.11.030.
  35. Ollivier M., Parratte S., Argenson J.N. Results and outcomes of unicompartmental knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. 2013;44(3):287-viii. doi: 10.1016/j.ocl.2013.03.004.
  36. Pandit H., Mancuso F., Jenkins C., Jackson W.F.M., Price A.J., Dodd C.A.F. et al. Lateral unicompartmental knee replacement for the treatment of arthritis progression after medial unicompartmental replacement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(3):669-674. doi: 10.1007/s00167-016-4075-4.
  37. Murray D.W., Pandit H., Weston-Simons J.S., Jenkins C., Gill H.S., Lombardi A.V. et al. Does body mass index affect the outcome of unicompartmental knee replacement? *Knee*. 2013;20(6):461-465. doi: 10.1016/j.knee.2012.09.017.
  38. Plate J.F., Augart M.A., Seyler T.M., Bracey D.N., Hoggard A., Akbar M. et al. Obesity has no effect on outcomes following unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(3):645-651. doi: 10.1007/s00167-015-3597-5.
  39. Vasso M., Corona K., D'Apolito R., Mazzitelli G., Panni A.S. Unicompartmental Knee Arthroplasty: Modes of Failure and Conversion to Total Knee Arthroplasty. *Joints*. 2017;5(1):44-50. doi: 10.1055/s-0037-1601414.
  40. van der List J.P., Chawla H., Villa J.C., Zuiderbaan H.A., Pearle A.D. Early functional outcome after lateral UKA is sensitive to postoperative lower limb alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(3):687-693. doi: 10.1007/s00167-015-3877-0.
  41. Ohdera T., Tokunaga J., Kobayashi A. Unicompartmental knee arthroplasty for lateral gonarthrosis: midterm results. *J Arthroplasty*. 2001;16(2):196-200. doi: 10.1054/arth.2001.2090.
  42. van der List J.P., Chawla H., Villa J.C., Pearle A.D. Different optimal alignment but equivalent functional outcomes in medial and lateral unicompartmental knee arthroplasty. *Knee*. 2016;23(6):987-995. doi: 10.1016/j.knee.2016.08.008.
  43. Vasso M., Del Regno C., D'Amelio A., Viggiano D., Corona K., Schiavone Panni A. Minor varus alignment provides better results than neutral alignment in medial UKA. *Knee*. 2015;22(2):117-121. doi: 10.1016/j.knee.2014.12.004.
  44. Cinotti G., Sessa P., Ragusa G., Ripani F.R., Postacchini R., Masciangelo R. et al. Influence of cartilage and menisci on the sagittal slope of the tibial plateaus. *Clin Anat*. 2013;26(7):883-892. doi: 10.1002/ca.22118.
  45. Lustig S., Scholes C.J., Leo S.P., Coolican M., Parker D.A. Influence of soft tissues on the proximal bony tibial slope measured with two-dimensional MRI. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(2):372-379. doi: 10.1007/s00167-012-1990-x.
  46. Lee S.C., Hwang S.H., Nam C.H., Ryu S.R., Ahn H.S. The 180° spin of meniscal bearing in unicompartmental knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(3):2309499017731630. doi: 10.1177/2309499017731630.
  47. Qiu S., Zhang M., Jia T. Total knee arthroplasty for severe valgus knee deformity. *Int J Clin Exp Med*. 2016;9(5):8725-8730.
  48. Brillhault J., Lautman S., Favard L., Burdin P. Lateral femoral sliding osteotomy in total knee arthroplasty for fixed valgus deformity. *Int Surg*. 2008;3(1):27-33.
  49. Edmiston T.A., Manista G.C., Courtney P.M., Sporer S.M., Della Valle C.J. et al. Clinical Outcomes and Survivorship of Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty: Does Surgical Approach Matter? *J Arthroplasty*. 2018;33(2):362-365. doi: 10.1016/j.arth.2017.09.009.
  50. Sah A.P., Scott R.D. Lateral unicompartmental knee arthroplasty through a medial approach. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90 Suppl 2 Pt 2:195-205. doi: 10.2106/JBJS.H.00257.
  51. Fujii T., Matsui Y., Noboru M., Inagaki Y., Kadoya Y., Tanaka Y. Meniscal Bearing Dislocation of Unicompartmental Knee Arthroplasty with Faint Symptom. *Case Rep Orthop*. 2015;2015:217842. doi: 10.1155/2015/217842.
  52. Redish M.H., Fennema P. Good results with minimally invasive unicompartmental knee resurfacing after 10-year follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018;28(5):959-965. doi: 10.1007/s00590-017-2079-5.
  53. Tabor O.B., Tabor O.B. Unicompartmental arthroplasty: A long-term follow-up study. *J Arthroplasty*. 1998;13(4):373-379. doi: 10.1016/s0883-5403(98)90001-8.
  54. van der List J.P., Zuiderbaan H.A., Pearle A.D. Why Do Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasties Fail Today? *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2016;45(7):432-462.
  55. Johnson M.J., Mahfouz M.R. Cartilage loss patterns within femorotibial contact regions during deep knee bend. *J Biomech*. 2016;49(9):1794-1801. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.04.011.
  56. Epinette J.A., Brunschweiler B., Mertl P., Mole D., Cazenave A. French Society for Hip and Knee. Unicompartmental knee arthroplasty modes of failure: wear is not the main reason for failure: a multicentre study of 418 failed knees. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012;98(6 Suppl):S124-130. doi: 10.1016/j.otsr.2012.07.002.

57. Baker P.N., Petheram T., Avery P.J., Gregg P.J., Deehan D.J. Revision for unexplained pain following unicompartmental and total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(17):e126. doi: 10.2106/JBJS.K.00791.
58. Chawla H., van der List J.P., Christ A.B., Sobrero M.R., Zuiderbaan H.A., Pearle A.D. Annual revision rates of partial versus total knee arthroplasty: A comparative meta-analysis. *Knee.* 2017;24(2):179-190. doi: 10.1016/j.knee.2016.11.006.
59. Peersman G., Stuyts B., Vandenlangenberg T., Cartier P., Fennema P. Fixed- versus mobile-bearing UKA: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3296-3305. doi: 10.1007/s00167-014-3131-1.
60. Saragaglia D., Bevand A., Refaie R., Rubens-Duval B., Pailhé R. Results with nine years mean follow up on one hundred and three KAPS® uni knee arthroplasties: eighty six medial and seventeen lateral. *Int Orthop.* 2018;42(5):1061-1066. doi: 10.1007/s00264-017-3717-6.
61. Walker T., Gotterbarm T., Bruckner T., Merle C., Streit M.R. Total versus unicompartmental knee replacement for isolated lateral osteoarthritis: a matched-pairs study. *Int Orthop.* 2014;38(11):2259-2264. doi: 10.1007/s00264-014-2473-0.
62. Walker T., Zahn N., Bruckner T., Streit M.R., Mohr G., Aldinger P.R. et al. Mid-term results of lateral unicompartmental mobile bearing knee arthroplasty: A multicentre study of 363 cases. *Bone Joint J.* 2018;100B(1):42-49. doi: 10.1302/0301-620X.100B1.BJJ-2017-0600.R1.
63. Smith J.R., Robinson J.R., Porteous A.J., Murray J.R., Hassaballa M.A., Artz N. et al. Fixed bearing lateral unicompartmental knee arthroplasty — short to midterm survivorship and knee scores for 101 prostheses. *Knee.* 2014;21(4):843-847. doi: 10.1016/j.knee.2014.04.003.
64. Argenson J.N., Parratte S., Bertani A., Flecher X., Aubaniac J.M. Long-term results with a lateral unicompartmental replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(11):2686-2693. doi: 10.1007/s11999-008-0351-z.
65. Walker T., Gotterbarm T., Bruckner T., Merle C., Streit M.R. Return to sports, recreational activity and patient-reported outcomes after lateral unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3281-3287. doi: 10.1007/s00167-014-3111-5.
66. Matthews D.J., Hossain F.S., Patel S., Haddad F.S. A Cohort Study Predicts Better Functional Outcomes and Equivalent Patient Satisfaction Following UKR Compared with TKR [published correction appears in HSS J. 2013;9(2):212]. *HSS J.* 2013;9(1):21-24. doi: 10.1007/s11420-012-9326-4.
67. Weiss N.G., Parvizi J., Trousdale R.T., Bryce R.D., Lewallen D.G. Total knee arthroplasty in patients with a prior fracture of the tibial plateau. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85(2):218-221. doi: 10.2106/00004623-200302000-00006.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чугаев Дмитрий Валерьевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ведущий научный сотрудник отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>

Карпунин Алексей Сергеевич — заведующий отделением, ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Чебоксары, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4525-2135>

Коган Павел Геннадьевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7179-4851>

Ласунский Сергей Анатольевич — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4159-0724>

## AUTHORS' INFORMATION:

Dmitrii V. Chugaev — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chair of Traumatology and Orthopedics; Leading Researcher, Knee Pathology Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>

Aleksey S. Karpukhin — Head of Department, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4525-2135>

Pavel G. Kogan — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7179-4851>

Sergei A. Lasunsky — Cand. Sci. (Med.), Head of the Trauma and Orthopedic Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4159-0724>



## Сравнительный анализ результатов имплантации транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника с использованием индивидуальных навигационных матриц и методики free hand

Р.А. Коваленко<sup>1</sup>, Д.А. Пташников<sup>2</sup>, В.Ю. Черebilло<sup>3</sup>, В.А. Кашин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Транспедикулярная фиксация позвоночника является «золотым» стандартом задней стабилизации позвоночника при различных патологических процессах. Самой распространенной техникой имплантации является метод «свободной руки» (free hand), однако на сегодняшний день все большую популярность приобретает метод имплантации с помощью индивидуальных навигационных матриц, изготовленных на 3D-принтере. **Цель исследования** — сравнить результаты имплантации винтов в грудном отделе позвоночника с использованием 3D-навигационных матриц различного дизайна по сравнению с методикой free hand. **Материал и методы.** Проанализирована безопасность имплантации транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника по методике free hand (группа 1, 23 пациента, 112 винтов) и с помощью индивидуальных навигационных матриц различного дизайна, созданных по технологии 3D-печати по данным предоперационной КТ (группы 2 и 3). Во второй группе (11 пациентов, 42 винта) установка осуществлялась с помощью билатеральных одноуровневых матриц, в третьей (13 пациентов, 54 винта) — с помощью билатеральных одноуровневых матриц с опорой на остистый отросток. Безопасность имплантации оценивалась и сравнивалась во всех группах по следующим критериям. В группе 2 и 3 также оценивалась точность имплантации по показателям разницы фактической и планируемой траектории винта. **Результаты.** В группе 1 степень безопасности 0 зарегистрирована в 67%, степень 1 — 18,8%, степень 2 — 9,8%, степень 3 — 4,5%. В группе 2 степень безопасности 0 зарегистрирована в 85,71%, в группе 1 — в 14,29%, в третьей — степень безопасности 0 в 90,74%, 1 — в 9,26%. Случаев перфорации кости более чем на половину диаметра винта в группах 2 и 3 не было. Различия в степени безопасности статистически значимы между методом free hand (группа 1) и навигационными матрицами (группа 2 и 3). Анализ девиации не показал значимых различий в группах с использованием навигационных матриц. **Заключение.** Применение индивидуальных навигационных матриц для имплантации транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника является более безопасным методом по сравнению с методом free hand. Показатели точности и безопасности имплантации не отличаются при использовании билатеральных матриц и матриц с опорой на остистый отросток.

**Ключевые слова:** 3D-печать, навигация, транспедикулярная фиксация, матрица навигационный шаблон.

Коваленко Р.А., Пташников Д.А., Черebilло В.Ю., Кашин В.А. Сравнительный анализ результатов имплантации транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника с использованием индивидуальных навигационных матриц и методики free hand. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):49-60. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-49-60.

**Cite as:** Kovalenko R.A., Ptashnikov D.A., Cherebillo V.Yu., Kashin V.A. [Comparison of the Accuracy and Safety of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Between 3D Printed Navigation Templates and Free Hand Technique]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):49-60. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-49-60.

✉ Коваленко Роман Александрович / Roman A. Kovalenko; e-mail: roman.kovalenko@my.com

Рукопись поступила/Received: 01.05.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 10.08.2020.

## Comparison of the Accuracy and Safety of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Between 3D Printed Navigation Templates and Free Hand Technique

R.A. Kovalenko<sup>1</sup>, D.A. Ptashnikov<sup>2</sup>, V.Yu. Cherebillo<sup>3</sup>, V.A. Kashin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Transpedicular spine fixation is considered the gold standard for posterior stabilization of the spine in various pathological processes. The most common implantation technique is the free hand method. But today the implantation with 3D printed individual navigation templates is gaining popularity. **Purpose** — to compare results of the pedicle screw placement in thoracic spine with application of 3D printed navigation templates by various design and free hand technique. **Materials and Methods.** Results of the three group of patients were analyzed based on postoperative CT. In group 1 (free hand) 112 screws were placed to 23 patients. In group 2 42 screws were placed to 11 patients using bilateral monosegmental navigation templates, in group 3 (13 patients, 42 screws) — using bilateral monosegmental templates with additional support on the spinous process. The safety of implantation was assessed and compared in all groups. In groups 2 and 3 the accuracy was also evaluated based on the difference between the planned and actual screws trajectory. **Results.** In group 1 safety grade 0 was registered in 66,96%, safety grade 1 — in 18,75%, safety grade 2 — in 9,82%, safety grade 3 — in 4,46%. In group 2 grade 0 was registered in 85,71%, safety grade 1 — in 14,29%. In group 3 grade 0 — in 90,74%, safety grade 1 — in 9,26%. There were no cases of the cortical bone perforation for more than the half of the screw diameter in groups 2 and 3. The differences in the safety parameters are significant between free hand and both groups with application of the navigation templates. Assessment of the deviation hasn't revealed significant difference depending on the type of the templates. **Conclusion.** The use of the individual navigation templates for pedicular screws implantation in the thoracic spine is safer than the free hand method ( $p < 0.05$ ). Single-level bilateral matrices made by FDM technology from polylactide with support on a part of the dorsal vertebral structures make it possible to achieve the high implantation accuracy. Additional support on the spinous process does not lead to a statistically significant improvement in accuracy and safety indicators ( $p < 0.05$ ), while requiring extended dissection and resection of the ligamentous elements.

**Keywords:** 3D printing, navigation, transpedicular fixation, navigation template, thoracic spine, free hand technique.

### Введение

Транспедикулярная фиксация позвоночника является распространенной методикой при лечении широкого спектра заболеваний и травм грудного отдела. Наиболее популярной техникой имплантации является метод «свободной руки» (free hand), в основе которого лежит определение траектории введения по анатомическим ориентирам. Неверное направление винта может негативно сказаться на стабильности конструкции и привести к повреждению нейроваскулярных структур [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Для повышения точности имплантации и снижения числа осложнений в практику спинальной хирургии внедряются различные методы навигации. Некоторые из них основаны на данных предоперационной или интраоперационной КТ. При этом интеграция анатомических ориентиров с используемыми данными томографии происхо-

дит с помощью устанавливаемой на позвонок пациента навигационной метки [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]. В основе другого метода лежит технология 3D-печати, посредством которой по данным предоперационной КТ изготавливаются индивидуальные шаблоны-направители (синонимы навигационные матрицы, лекала — в англоязычной литературе наиболее часто употребляются термины «templates», «screw guides»), фиксируемые во время операции на дорзальных структурах позвонка [17, 18]. Несмотря на растущий интерес к использованию методики, на сегодняшний день она не вышла на уровень рутинного применения. Одним из актуальных вопросов остается определение оптимальных вариантов конструкции навигационных матриц, обеспечивающих лучшие показатели имплантации и удобства в использовании [19].

**Цель исследования** — сравнить параметры имплантации транспедикулярных винтов в грудном

отделе позвоночника при использовании двух типов индивидуальных навигационных матриц и метода «свободной руки».

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Проспективное когортное нерандомизированное.

### Характеристика пациентов

Проанализированы результаты транспедикулярной имплантации 208 транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника, выполненных в 2018–2019 гг. 47 пациентам (23–75 лет) со сколиотическими деформациями (3 пациента), опухолями (19 пациентов), переломами позвонков (10 пациентов), дегенеративными поражениями (15 пациентов). Сформированы три группы пациентов: группа 1 — имплантация винтов по методике «free hand», группа 2 — имплантация винтов с помощью двусторонних матриц, группа 3 — имплантация винтов с помощью матриц с трехточечной опорой. Распределение пациентов в группах представлено в таблице 1.

Сколиотические деформации были представлены тремя случаями идиопатического грудного сколиоза с углом Кобба 37–54°, 4В, 4С и 1А по классификации Lenke. Пациенты с дегенеративным сколиозом (угол Кобба <20°) отнесены к группе дегенеративных поражений позвоночника наряду с грыжами межпозвонковых дисков и компрессионными миелопатиями. Травма была представлена высоко- и низкоэнергетическими переломами и вывихами шейных, грудных и поясничных позвонков, опухолевые поражения — первичными и вторичными злокачественными и доброкачественными образованиями позвоночного столба и опухолями корешков.

В первой группе проводился интраоперационный флуороскопический контроль в боковой проекции после установки винтов по анатомическим ориентирам. В группах 2 и 3 интраоперационный рентген-контроль не применялся.

### Проектирование и печать навигационных матриц

Проектирование навигационных матриц осуществлялось на основе DICOM-данных МСКТ с толщиной среза 1 мм. Предварительная обработка файлов и создание STL-модели выполнена в программе «Инобитек Web DICOM-Просмотрщик 1.15.1». Окончательная обработка модели, а также выбор траектории имплантации, зоны контакта, создание вспомогательных структур, тубусов-направителей проводились в Blender 2.78. В Cura 4.4 создавался файл печати в формате Gcode. Печать осуществлялась технологией струйного наложения расплавленной полимерной нити (FDM) из полилактида (PLA).

В этом исследовании были использованы два различных типа навигационных шаблонов. Первый тип представлял билатеральную одноуровневую матрицу. В качестве опорной площадки задействована часть дорзальных структур позвонка, скелетирование которых, как правило, осуществляется в ходе стандартного доступа при выполнении задней декомпрессии и спондилодеза — дорзальная поверхность дужки, нижнего суставного отростка и медиальная часть поперечного отростка (рис. 1). Два базовых элемента, состоящих из опорной площадки и тубуса-направителя, соединялись поперечной балкой, усиленной ребрами жесткости.

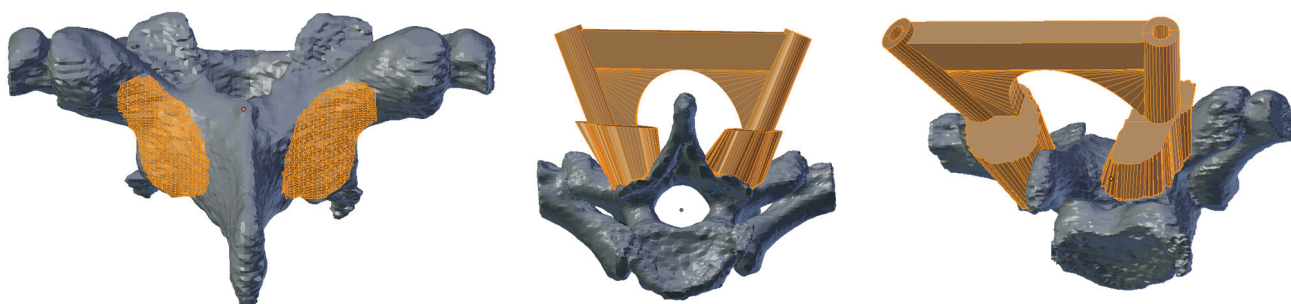
В третьей группе использовались двусторонние матрицы модифицированного дизайна с аналогичной опорной зоной, жестким каркасом и дополнительным опорно-фиксирующим элементом, соединяющимся с верхушкой остистого отростка по типу «ключ-к-замку» (рис. 2). Такая конструкция повышала стабильность матрицы, позволяла контролировать среднюю линию, однако требовала дополнительной зоны диссекции с резекцией надостистой связки.

Для формирования хода под винт использовалось сверло диаметром 3 мм, в связи с чем внутренний диаметр тубуса составил 4 мм, а внешний — 6 мм.

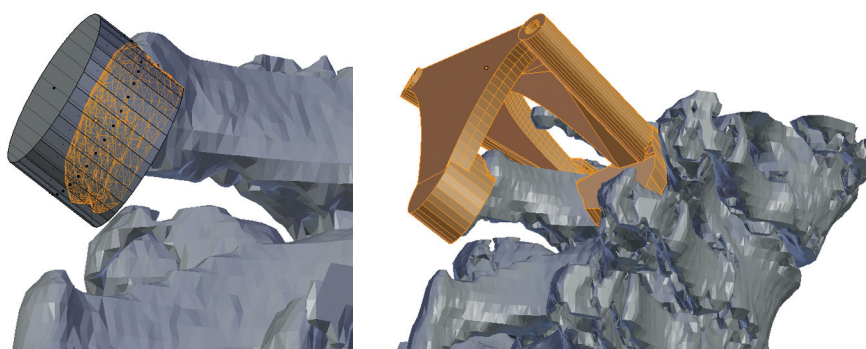
Таблица 1

Распределение пациентов в исследуемых группах по типу патологического процесса

Патология	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Идиопатический сколиоз	1	1	1
Дегенеративные поражения	7	3	5
Травма позвоночника	3	4	3
Опухолевые поражения	12	3	4
Всего	23	11	13



**Рис. 1.** Локализация опорной зоны и дизайн матриц во второй группе  
**Fig. 1.** The support zone localization and matrix design in the 2<sup>nd</sup> group

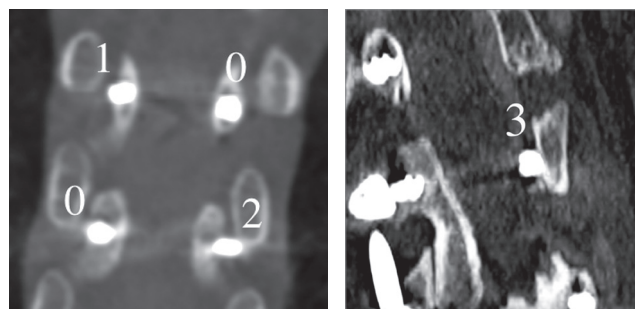


**Рис. 2.** Дизайн навигационных матриц в третьей группе с опорно-фиксирующим элементом в области кончика остистого отростка  
**Fig. 2.** The navigation matrices design in the 3<sup>rd</sup> group with a support-fixing element at the spinous process tip

*Оценка результатов*

Безопасность имплантации на уровне ножки позвонка оценивалась в каждой группе по критериям, предложенным S. Капсуама с соавторами [20]: степень 0 – винт находится полностью внутри костных структур; степень 1 – винт частично перфорирует костную структуру, но более 50% диаметра винта находится внутри кости; степень 2 – винт перфорирует костную структуру, при этом более 50% диаметра винта находятся за пределами кости; степень 3 (пенетрация) – винт находится полностью за пределами кости (рис. 3).

Проведена дополнительная оценка мальпозиции по схеме K. Abul-Kasim [21] (табл. 2).



**Рис. 3.** Примеры оценки безопасности по степеням 0–3  
**Fig. 3.** Examples of safety assessment by grades 0 to 3

Таблица 2

**Система оценки безопасности имплантации по K. Abul-Kasim [21]**

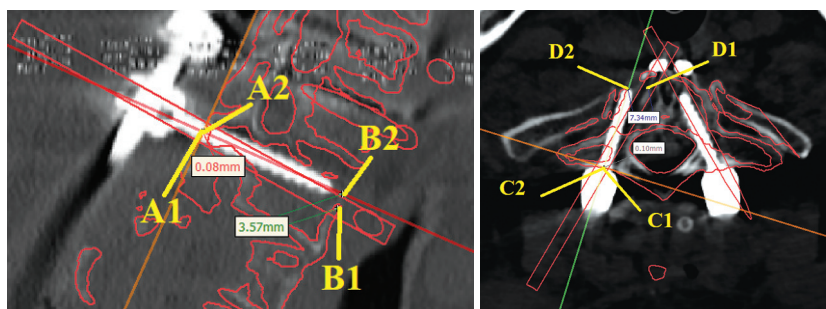
Направление мальпозиции	Степень мальпозиции
Медиальная перфорация ножки Medial cortical perforation of the pedicle (MCP)	Степень 0: Винт находится полностью в костных структурах или перфорирует медиальную стенку ножки позвонка менее 1/2 диаметра винта Степень 1: Частичная медиальная перфорация (более 1/2 диаметра винта) Степень 2: Винт полностью проходит медиально ножки позвонка
Латеральная перфорация ножки Lateral cortical perforation of the pedicle (LCP)	Степень 0: Винт находится полностью в костных структурах или перфорирует латеральную стенку ножки позвонка менее 1/2 диаметра винта Степень 1: Частичная латеральная перфорация (более 1/2 диаметра винта) Степень 2: Винт полностью проходит паравертебрально

Направление мальпозиции	Степень мальпозиции
Передняя перфорация тела позвонка Anterior cortical perforation of the vertebral body (ACP)	Степень 0: Конец винта находится в теле позвонка Степень 1: Конец винта перфорирует переднюю стенку тела позвонка. Степень перфорации указывается в миллиметрах
Перфорация замыкательной пластинки Endplate perforation (EPP)	Степень 0: Конец винта находится в теле позвонка Степень 1: Конец винта перфорирует верхнюю или нижнюю замыкательную пластинку с выходом в полость диска
Перфорация в сторону фораминального отверстия Foraminal perforation (FP)	Степень 0: Винт находится полностью в костных структурах Степень 1: Винт перфорирует ножку позвонка в вышележащее или нижележащее фораминальное отверстие

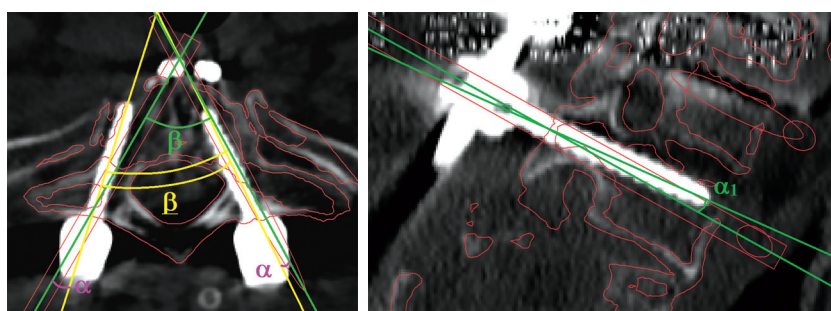
Критерием точности была оценка девиации (мм) между планируемой и фактической траекториями винта в точке входа в позвонок (Entry point) и на пересечении оси винта с передним кортикальным слоем тела позвонка (End point) путем наложения аксиальных и сагиттальных срезов послеоперационной МСКТ с запланирован-

ными траекториями имплантации в программе Mimics Research 21.0 (рис. 4). Точность оценивалась в группе 2 и 3.

Кроме того, проводилось измерение планируемых и фактических углов между осями винтов в двух плоскостях, необходимое для анализа причин девиации (рис. 5).



**Рис. 4.** Методика оценка девиации: A1, C1 – планируемые точки ввода, A2, C2 – фактические точки ввода; B1, D1 – планируемая конечная точка, B2, D2 – фактическая конечная точка  
**Fig. 4.** Deviation assessment method: A1, C1 – planned entry points; A2, C2 – actual entry points; B1, D1 – planned end point; B2, D2 – actual end point



**Рис. 5.** Оценка девиации углов запланированных и фактических траекторий в аксиальной и сагиттальной плоскостях:  $\alpha$  – угол, образованный планируемой и фактической осями имплантации одного винта в аксиальной плоскости;  $\beta$  – угол, образованный планируемыми осями имплантации в аксиальной плоскости;  $\beta$  – угол, образованный фактическими осями имплантации в аксиальной плоскости;  $\alpha_1$  – угол, образованный планируемой и фактической осями имплантации одного винта в сагиттальной плоскости  
**Fig. 5.** Deviation of the angles assessment, planned vs actual trajectories in the axial and sagittal planes:  $\alpha$  – the angle formed by the planned and actual axes of implantation of one screw in the axial plane;  $\beta$  – the angle formed by the planned axes of implantation in the axial plane;  $\beta$  – the angle formed by the actual axes of implantation in the axial plane;  $\alpha_1$  – the angle formed by the planned and actual axes of implantation of one screw in the sagittal plane

### Статистический анализ

Статистическая обработка проводилась в программе Statistica 10. Результаты были оценены на нормальность распределения с помощью критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Точность имплантации в группах 2 и 3 подвергнуты статистическому анализу критериями Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни для парных независимых непараметрических выборок. Планируемый ( $\beta$ ) и фактический ( $\beta$ ) аксиальный угол проанализированы с помощью критерия Вилкоксона для парных зависимых непараметрических выборок. С целью сравнения безопасности имплантации в трех группах использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона с поправкой на правдоподобие. Распределение данных в группах представлено в виде медианы и 25–75% квартилей в формате Me (25%; 75%).

### Результаты

В первой группе 23 пациентам выполнялось введение 112 транспедикулярных винтов «открытым» методом по технологии free hand. Во второй группе (11 пациентов, 42 винта) установка осуществлялась с помощью билатеральных одноуровневых матриц, в третьей (13 пациентов, 54 винта) — с помощью билатеральных одноуровневых матриц с опорой на остистый отросток. Распределение имплантированных винтов по группам представлено в таблице 3. Во второй и третьих группах в большей степени по сравнению с free hand выполнялась имплантация в верхнегрудном отделе, что обусловлено более сложной и рискованной

установкой винтов на данных уровнях и повышенных рисках для пациента при отказе от использования навигации.

Оценка безопасности имплантации по S. Kaneyama показала статистически значимые различия между группой free hand и обеими группами с использованием навигационных матриц ( $p < 0,05$ ). Различий между второй и третьей группой не выявлено (табл. 4). Только в первой группе наблюдались степени безопасности 2 и 3. Все винты со степенью 3 стояли паравертебрально (LCP2), при этом случаев повреждения спинного мозга и магистральных сосудов не было. Типы мальпозиции по K. Abul-Kasim по каждой группе представлены в таблице 5. В первой группе выполнено 2 ревизионных вмешательства с переустановкой винтов. В одном случае при контакте винта со стенкой грудного отдела аорты, во втором случае по причине недостаточной стабильности конструкции.

Значимых различий в показателях девиации точек ввода (entry point) и конечных точек (end point) 2 и 3 группах не выявлено (табл. 6, рис. 6).

Расхождение планируемых и фактических траекторий имплантации также значимо не отличалось между сравниваемыми группами, при этом в обеих группах были значимые различия между планируемым ( $\angle\beta$ ) и фактическим ( $\angle\beta$ ) аксиальным углом (табл. 7). Фактический угол был меньше планируемого, что свидетельствует о преимущественно латеральном отклонении оси имплантации. Скорее всего это обусловлено давлением паравертебральных мышц на отвертку во время имплантации винта.

Распределение винтов по уровням грудного отдела в исследуемых группах

Таблица 3

Уровень имплантации	Th1-4	Th5-8	Th9-12	Всего
Free hand (группа 1)	18	48	46	112
Двусторонние матрицы (группа 2)	24	12	6	42
Матрицы с трехточечной опорой (группа 3)	32	20	2	54

Безопасность имплантации по S. Kaneyama [20]

Таблица 4

Степень безопасности	Free hand (группа 1)	Двусторонние матрицы (группа 2)	Матрицы с трехточечной опорой (группа 3)
0	75 (67%)	36 (85,71%)	49 (90,74%)
1	21 (18,8%)	6 (14,29%)	5 (9,26%)
2	11 (9,8%)	–	–
3	5 (4,5%)	–	–

Таблица 5

Типы мальпозиции по К. Abul-Kasim

Тип мальпозиции	Free hand (группа 1)	Двусторонние матрицы (группа 2)	Матрицы с трехточечной опорой (группа 3)
MCP1	2	–	–
MCP2	–	–	–
LCP1	9	–	–
LCP2	5	–	–
ACP1	–	–	–
EPP	10	3	1
FP	–	–	–

Таблица 6

Девияция планируемой и фактической траекторий

Тип матрицы	Entry point, мм			End point, мм		
	axial	sagittal	среднее	axial	sagittal	среднее
Двусторонние (группа 2)	0,97 (0,59; 1,27)	0,77 (0,53; 1,31)	0,93 (0,66; 1,22)	2,49 (0,84; 5,43)	2,94 (1,89; 4,12)	2,83 (1,95; 4,81)
С трехточечной опорой (группа 3)	1,01 (0,44; 1,45)	0,89 (0,55; 1,34)	1,04 (0,64; 1,37)	3,13 (1,54; 4,57)	2,58 (1,33; 4,03)	2,88 (1,81; 4,07)

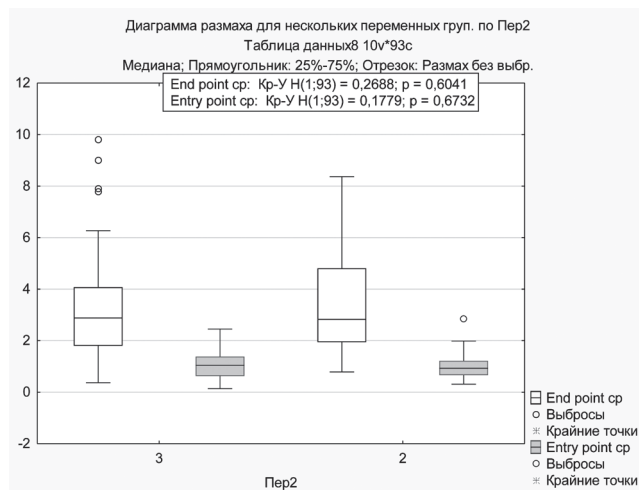


Рис. 6. Диаграмма распределения точности имплантации в Entry point и End point для групп 2 и 3

Fig. 6. Diagram of implantation accuracy distribution at Entry point and End point for groups 2 and 3

Таблица 7

Расхождение планируемых и фактических углов имплантации

Угол	Группа 2	Группа 3
Угол $\angle\alpha$	5,87 (3,47; 8,51)	5,17 (1,97; 8,58)
Угол $\angle\alpha_1$	3,71 (2,19; 5,66)	4,48 (2,27; 6,64)
$\angle\beta - \angle\beta$	5,91 (2,91; 8,37)	7,71 (5,37; 11,01)

## Обсуждение

Индивидуальные навигационные матрицы — метода спинальной навигации, стремительно набирающая популярность в мире, что отражается в растущем числе публикаций. Поиск литературных источников в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, eLibrary выявил 22 публикации, включая экспериментальные, доклинические и клинические исследования. Несмотря на внедрение технологии более 20 лет назад, ее активное распространение наблюдается в последнюю декаду, что обусловлено прогрессом 3D-печати: совершенствованием принтеров, разработкой специального программного обеспечения, удешевлением материалов и другими факторами. Анализ опубликованных в мировой печати материалов по данной проблеме позволяет охарактеризовать метод как эффективный и недорогой способ спинальной навигации.

Наибольшее количество имплантированных винтов в грудном отделе в кадавер-эксперименте на 20 препаратах было представлено Т. Ма с соавторами. Создавались билатеральные направлятели по методу стереолитографии из акриловой смолы, опорная площадка включала часть дужек, межпозвонковых суставов и остистый отросток. Время, потраченное на дизайн и изготовление одного направлятеля, было около 1 ч., стоимость — 50 долларов США без учета стоимости компьютерных программ. Проведено сравнение с методом free hand с установкой 240 винтов в каждой группе. В группе free hand 156 (65%) винтов были полностью окружены костью (Grade 0). Из 84 случаев перфорации кости 58 (24,2%), 16 (6,6%) и 10 (4,2%) были классифицированы как степень 1 (<2 мм или <1/2 диаметра винта), степень 2 (девиация 2–4 мм или 0,5–1 диаметра винта) и степень 3 (> 4 мм диаметра винта, соответственно). При использовании направлятелей только 16 (6,6%) винтов перфорировали костную стенку со степенью 1. Средняя дистанция выстояния винта в группах составила  $0,95 \pm 0,49$  мм (направлятели) и  $3,29 \pm 1,84$  мм (free hand). Различия статистически значимы [22].

S.B. Kim с соавторами провели кадавер-исследование с установкой 80 винтов в торакоабдоминальном отделе (Th11–L5) по субкортикальной траектории. Для фиксации направлятеля использовался отдельный винт, билатеральные матрицы проектировались с опорой на дужки и остистый отросток с непрерывным контактом практически по всей площади дорзальных структур. Девиация менее 2 мм оценена для 76 винтов (95%, средняя девиация —  $0,94 \pm 0,42$  мм), 2–4 мм — для 4 винтов (5%, средняя девиация —  $2,75 \pm 0,64$  мм) [23]. В другой статье авторами описан клинический случай переломовывиха Th4-5 с установкой 10 винтов. В работе сделан акцент на особенности

дизайна направлятелей — предложена оригинальная конструкция унилатеральных матриц без опоры на остистый отросток и захватом дужки по типу крючка. Как преимущество подчеркивается небольшая опорная зона, позволяющая сохранить над- и межостистую связку и снизить время, затраченное на скелетирование. Также авторами предложена классификация матриц в зависимости от типа охвата остистого отростка [24].

S. Lu с соавторами провели исследование эффективности матриц при сколиотических деформациях. 16 пациентам было установлено 168 винтов на уровне Th2–Th12, 157 стояли полностью интрапедикулярно, 11 выступали в диапазоне 0–2 мм (1 медиально, 10 латерально, из них в 8 случаях была запланирована пенетрация по причине малого диаметра ножки, частота мальпозиции составила 1,8%). Авторы считают, что пенетрация ножки до 2 мм является безопасной, поэтому общий уровень безопасности составил 100% [25].

F. Azimifar с соавторами приводят результаты применения технологии при сколиотических деформациях. Проектировались отдельные билатеральные направлятели на каждый уровень, печать выполнялась по FDM-технологии, при этом опора осуществлялась на 4 точки в области основания верхнего и нижнего суставных отростков, а не по принципу зеркального отображения поверхности. Остистый и поперечный отростки как базовая опора не рассматривались по двум причинам: точный анатомический размер надостистой связки, покрывающей кость, не ясен, а использование поперечных отростков требует большего объема диссекции [26]. Обращает внимание массивный каркас матрицы, требующий большее количество материала по сравнению с другими вариантами дизайна. Из 110 винтов, установленных в Th1–S1 (из них в грудном отделе — 51 винт) пациентам со сколиозом, процент корректной имплантации составил 94%.

M. Takemoto с соавторами привели данные использования методики в грудном отделе у 36 пациентов со сколиозом и с 4 с оссификацией задней продольной связки. В статье подчеркнута важность сокращения контактной зоны — на основании анализа процесса сегментации из изначально выбранных 14 точек опоры были определены 7, в том числе небольшая опора на остистый отросток для повышения стабильности. Направлятели изготавливались сравнительно дорогостоящим методом — из титана методом лазерного наплавления в аргоновой атмосфере. Пациентам со сколиозом было установлено 420 транспедикулярных винтов, 408 (98,4 %) — со степенью 0, 6 (1,4 %) — со степенью 1, 1 (0,2 %) — со степенью 2, пациентам с оссификацией задней продольной связки — 46 винтов со степенью 0 [27].



М. Putzier с соавторами представили результаты пилотного исследования по имплантации 76 винтов (56 в грудном и 20 в поясничном) 4 пациентам с идиопатическим или приобретенным сколиозом. Для двух винтов интраоперационно была выявлена мальпозиция и выполнена реплантация под флуороскопическим контролем. Степень безопасности 0 была в 84%, 0 и 1 — в 96,1%. Все поясничные винты были установлены со степенью 0. Диаметр 14 ножек в грудном отделе был меньше 4,5 мм, в связи с чем выход винта за пределы ножки был прогнозируемым, а траектория планировалась таким образом, чтобы мальпозиция была латеральной [28].

Рандомизированное исследование при переломах грудного отдела позвоночника с дислокацией выполнено С. Wu с соавторами 42 пациента были разделены на 2 группы. В первой 24 пациентам применялась стандартная техника free hand с флуороскопическим контролем, в 18 случаев применялись индивидуальные направители. Время операции, объем кровопотери, степень дислокации и сагиттальный угол были значимо лучше во второй группе ( $p < 0,05$ ). Также получены значимые различия в точности установки винтов, углах между винтами в сагиттальной плоскости и разнице точек ввода по сравнению с планируемыми до операции, оценке деформации по шкале Frankel при последующем наблюдении [29].

У. Pan с соавторами провели сравнительное исследование по использованию навигационных матриц (20 пациентов, 396 винтов) и метода free hand (17 пациентов, 312 винтов) у подростков с выраженными деформациями позвоночника. Матрицы проектировались по принципу инверсии дужек, остистого и поперечного отростков с практически полным охватом дорзальных элементов. Время операции и степень коррекции значимо не отличались в группах, тогда как безопасность имплантации была статистически выше при использовании матриц — перфорация 1 степени наблюдалась в 7,3%, 2 степени — в 3,3%. В группе free hand перфорация 1 степени отмечена в 11,9%, 2 степени — 11,5%, 3 степени — в 1,6%,  $p = 0,000$  [18].

Аналогичным образом К. Shah с соавторами сравнили два метода при комплексных кифосколиотических деформациях у детей при ранее установленных субламинарных проволочных конструкциях, что осложняло процесс моделирования направителей из-за артефактов от металла и требовало более тщательного сегментирования. Преимущественно проектировались билатеральные матрицы с частичной опорой без вовлечения остистого отростка. Уровень мальпозиции для free hand составил 36,21%, при использовании матриц — 24,56%. Среднее время операции и вре-

мя имплантации одного винта значимо не отличались [30].

В большинстве работ авторами применялись одноуровневые моно- или билатеральные матрицы. Опора только на структуры позвонка, в который вводятся винты, нивелирует фактор межсегментарной подвижности как предиктора мальпозиции. В то же время, при ригидных деформациях могут применяться многоуровневые направители. Так, А.В. Косулиным с соавторами была продемонстрирована высокая прецизионность имплантации в грудном и поясничном отделах позвоночника у детей с использованием многоуровневого билатерального навигационного шаблона [31].

Таким образом, в ряде работ, посвященных изучению 3D навигационных матриц, авторы большое внимание уделяют техническим аспектам проектирования и печати направителей и поиску вариантов дизайна, обеспечивающих высокую точность имплантации при минимальных издержках. Требования можно обозначить следующим образом:

- минимизация опорной зоны для уменьшения площади скелетирования;
- сохранение связочных элементов;
- сокращение финансовых издержек за счет меньшего количества материала и использования менее затратных вариантов 3D-печати.

В ранее проведенных исследованиях авторами не проводилось сравнение различных типов навигационных матриц, при этом они могли значительно отличаться по дизайну (моно- или билатеральные, одно- или многоуровневые и т.д.). Также следует учитывать, что отличия в анатомии и подвижности отделов позвоночника требуют отдельного изучения реализации технологии в разных сегментах. Ранее нами было проведено исследование на кадаверных препаратах шейного и верхнегрудного отделов со сравнением трех различных вариантов навигационных матриц, по результатам которого лучшие показатели были выявлены при использовании билатеральных матриц с трехточечной опорой с отдельным стыкующим элементом в области верхушки остистого отростка [32]. В данном исследовании на грудном отделе позвоночника, аналогично представленным выше публикациям, получены статистически значимые различия в уровне безопасности при использовании матриц по сравнению с методикой free hand, что еще раз подчеркивает полезность метода. При этом между двумя группами с различными вариантами направителей различия не выявлены ни по степеням безопасности, ни по параметрам девиации. Возможно, это обусловлено большей площадью опорных зон в области дужки и суставных отростков в грудном отделе по сравнению с шейным, что обуславливает достаточную стабильность

матрицы даже при двухточечной опоре с частичным покрытием дорзальных структур. Значимое расхождение угла между траекториями ( $\angle\beta-\angle\beta$ ) в обеих группах при использовании навигации может быть связано с техникой установки винтов — высокооборотистая дрель применялась только для прохождения ножки, сверло ориентировочно погружалось на глубину 1 см за счет выставленного ограничителя, далее использовались стандартные инструменты, в том числе изогнутое шило, что могло в некоторой степени изменить траекторию имплантации без нарушения целостности кортикального слоя.

Таким образом, наличие дополнительной опоры на остистый отросток для грудного отдела не сказывается на показателях точности и безопасности и не является обязательным элементом конструкции, что позволяет не скелетировать зону остистого отростка, сокращая время подготовки поверхности и сохраняя элементы связочного аппарата. Также это делает возможным использование матриц при ранее выполненной ламинэтомии или травме позвоночника с повреждением остистого отростка. Локализация и площадь опорной зоны, используемой при проектировании матриц в рамках данного исследования, являются достаточными для высокой безопасной имплантации и значимого ее повышения по сравнению с методом free hand. Полученные результаты демонстрируют, что направлятели, созданные на FDM-принтере из полилактида, позволяют добиться сопоставимых результатов установки транспедикулярных винтов по сравнению с более дорогостоящими технологиями, например, стереолитографией или лазерным спеканием, используемыми рядом авторов [22, 25, 27].

Применение индивидуальных навигационных матриц для установки транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника является более безопасным по сравнению с методом free hand ( $p < 0,05$ ). Одноуровневые билатеральные матрицы с опорой на часть дорзальных структур позвонка, изготовленные по технологии FDM из полилактида, позволяют добиться высокой точности имплантации. Дополнительная опора на остистый отросток не приводит к статистически значимому улучшению показателей точности и безопасности ( $p < 0,05$ ), при этом требует расширенной диссекции и резекции связочных элементов.

#### Этика публикации

Пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию клинических наблюдений.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

Коваленко Р.А. — написание текста, концепция и дизайн.

Пташников Д.А. — концепция и дизайн.

Чербылло В.Ю. — редактирование.

Кашин В.А. — проектирование, изготовление навигационных направлятелей, сбор и обработка материала, статистическая обработка.

#### Литература [References]

1. Parker S.L., McGirt M.J., Farber S.H., Amin A.G., Rick A.M., Suk I., Witham T.F. Accuracy of free-hand pedicle screws in the thoracic and lumbar spine: analysis of 6816 consecutive screws. *Neurosurgery*. 2011;68(1): 170-178. doi: 10.1227/NEU.0b013e3181fdfaf4.
2. Di Silvestre M., Parisini P., Lolli F., Bakaloudis G. Complications of thoracic pedicle screws in scoliosis treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(15):1655-1661. doi: 10.1097/BRS.0b013e318074d604.
3. Hicks J.M., Singla A., Shen F.H., Arlet V. Complications of pedicle screw fixation in scoliosis surgery: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(11):E465-E470. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d1021a.
4. Modi H.N., Suh S.W., Fernandez H., Yang J.H., Song H.R. Accuracy and safety of pedicle screw placement in neuromuscular scoliosis with free-hand technique. *Eur Spine J*. 2008;17(12):1686-1696. doi: 10.1007/s00586-008-0795-6.
5. Губин А.В., Рябых С.О., Бурцев А.В. Ретроспективный анализ мальпозиции винтов после инструментальной коррекции деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2015;12(1):8-13. doi: 10.14531/ss2015.1.8-13. Gubin A.V., Ryabykh S.O., Burtsev A.V. [Retrospective analysis of screw malposition following instrumented correction of thoracic and lumbar spine deformities]. *Hirurgia pozvonocnika [Spine Surgery]*. 2015;12(1):8-13. (In Russian). doi: 10.14531/ss2015.1.8-13.
6. Karapinar L., Erel N., Ozturk H., Altay T., Kaya A. Pedicle screw placement with a free hand technique in thoracolumbar spine: is it safe? *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(1):63-67. doi: 10.1097/BSD.0b013e3181453dc6.
7. Kim Y.J., Lenke L.G., Bridwell K.H., Cho Y.S., Riew K.D. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(3):333-342. doi: 10.1097/01.brs.0000109983.12113.9b.
8. Fichtner J., Hofmann N., Rienmüller A., Buchmann N., Gempt J., Kirschke J.S. et al. Revision Rate of Misplaced Pedicle Screws of the Thoracolumbar Spine-Comparison of Three-Dimensional Fluoroscopy Navigation With Freehand Placement: A Systematic Analysis and Review of the Literature. *World Neurosurg*. 2018;109:e24-e32. doi: 10.1016/j.wneu.2017.09.091.
9. Kotani T., Akazawa T., Sakuma T., Koyama K., Nemoto T., Nawata K. et al. Accuracy of Pedicle Screw Placement in Scoliosis Surgery: A Comparison between Conventional Computed Tomography-Based and O-Arm-Based Navigation Techniques. *Asian Spine J*. 2014;8(3):331-338. doi: 10.4184/asj.2014.8.3.331.
10. Perdomo-Pantoja A., Ishida W., Zygorakis C., Holmes C., Iyer R.R., Cottrill E. et al. Accuracy of Current Techniques for Placement of Pedicle Screws in the Spine: A Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis of 51,161 Screws. *World Neurosurg*. 2019;126:664-678.e3. doi: 10.1016/j.wneu.2019.02.217.

11. Shree Kumar D., Ampar N., Wee Lim L. Accuracy and reliability of spinal navigation: An analysis of over 1000 pedicle screws. *J Orthop.* 2019;18:197-203. doi: 10.1016/j.jor.2019.10.002.
12. Feng W., Wang W., Chen S., Wu K., Wang H. O-arm navigation versus C-arm guidance for pedicle screw placement in spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop.* 2020;44(5):919-926. doi: 10.1007/s00264-019-04470-3.
13. Gelalis I.D., Paschos N.K., Pakos E.E., Politis A.N., Arnaoutoglou C.M., Karageorgos A.C. et al. Accuracy of pedicle screw placement: a systematic review of prospective in vivo studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques. *Eur Spine J.* 2012;21(2):247-55. doi: 10.1007/s00586-011-2011-5.
14. Ling J.M., Dinesh S.K., Pang B.C., Chen M.W., Lim H.L., Louange D.T. et al. Routine spinal navigation for thoraco-lumbar pedicle screw insertion using the O-arm three-dimensional imaging system improves placement accuracy. *J Clin Neurosci.* 2014;21(3):493-498. doi: 10.1016/j.jocn.2013.02.034.
15. Shin B.J., James A.R., Njoku I.U., Härtl R. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. *J Neurosurg Spine.* 2012;17(2):113-122. doi: 10.3171/2012.5.SPINE11399.
16. Tian N.F., Huang Q.S., Zhou P., Zhou Y., Wu R.K., Lou Y., Xu H.Z. Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Eur Spine J.* 2011;20(6):846-859. doi: 10.1007/s00586-010-1577-5.
17. Косулин А.В., Елякин Д.В., Лебедева К.Д., Сухомлинова А.Е., Козлова Е.А. Применение навигационного шаблона для прохождения ножки позвонка при транспедикулярной фиксации. *Педиатр.* 2019;10(3):45-50. Kosulin A.V., Elyakin D.V., Lebedeva K.D., Sukhominova A.E., Kozlova E.A. [Navigation template for vertebral pedicle passage in transpedicular screw fixation]. *Pediatr* [Pediatrician]. 2019;10(3):45-50. (In Russian). doi: 10.17816/PED10345-50.
18. Pan Y., Lü G.H., Kuang L., Wang B. Accuracy of thoracic pedicle screw placement in adolescent patients with severe spinal deformities: a retrospective study comparing drill guide template with free-hand technique. *Eur Spine J.* 2018;27(2):319-326. doi: 10.1007/s00586-017-5410-2.
19. Ferrari V., Parchi P., Condino S., Carbone M., Baluganti A., Ferrari M. et al. An optimal design for patient-specific templates for pedicle spine screws placement. *Int J Med Robot.* 2013;9(3):298-304. doi: 10.1002/rcs.1439.
20. Kaneyama S., Sugawara T., Sumi M. Safe and accurate midcervical pedicle screw insertion procedure with the patient-specific screw guide template system. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015;40(6):E341-E348. doi: 10.1097/BRS.0000000000000772.
21. Abul-Kasim K., Strömbeck A., Ohlin A., Maly P., Sundgren P.C. Reliability of Low-Radiation Dose CT in the Assessment of Screw Placement After Posterior Scoliosis Surgery, Evaluated With a New Grading System. *Spine.* 2009;34(9):941-948. doi: 10.1097/brs.0b013e31819b22a4.
22. Ma T., Xu Y.Q., Cheng Y.B., Jiang M.Y., Xu X.M., Xie L., Lu S. A novel computer-assisted drill guide template for thoracic pedicle screw placement: a cadaveric study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132(1):65-72. doi: 10.1007/s00402-011-1383-5.
23. Kim S.B., Rhee J.M., Lee G.S., Lee H.Y., Kim T., Won Y. Computer-assisted Patient-specific Prototype Template for Thoracolumbar Cortical Bone Trajectory Screw Placement: A Cadaveric Study. *Send to Tech Orthop.* 2018;33(4):246-250. doi: 10.1097/BTO.0000000000000285.
24. Kim S.B., Won Y., Yoo H.J. Unilateral Spinous Process Noncovering Hook Type Patient-specific Drill Template for Thoracic Pedicle Screw Fixation: A Pilot Clinical Trial and Template Classification. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(18):E1050-E1057. doi: 10.1097/BRS.00000000000002067.
25. Lu S., Zhang Y.Z., Wang Z., Shi J.H., Chen Y.B., Xu X.M., Xu Y.Q. Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in scoliosis with patient-specific drill template. *Med Biol Eng Comput.* 2012;50(7):751-758. doi: 10.1007/s11517-012-0900-1.
26. Azimifar F., Hassani K., Saveh A.H., Ghomsheh F.T. A medium invasiveness multi-level patient's specific template for pedicle screw placement in the scoliosis surgery. *Biomed Eng Online.* 2017;16(1):130. doi: 10.1186/s12938-017-0421-0.
27. Takemoto M., Fujibayashi S., Ota E., Otsuki B., Kimura H., Sakamoto T. et al. Additive-manufactured patient-specific titanium templates for thoracic pedicle screw placement: novel design with reduced contact area. *Eur Spine J.* 2016;25(6):1698-1705. doi: 10.1007/s00586-015-3908-z.
28. Putzier M., Strube P., Cecchinato R., Lamartina C., Hoff E.K. A New Navigational Tool for Pedicle Screw Placement in Patients With Severe Scoliosis: A Pilot Study to Prove Feasibility, Accuracy, and Identify Operative Challenges. *Clin Spine Surg.* 2017;30(4):E430-E439. doi: 10.1097/BSD.0000000000000220.
29. Cecchinato R., Berjano P., Zerbi A., Damilano M., Redaelli A., Lamartina C. Pedicle screw insertion with patient-specific 3D-printed guides based on low-dose CT scan is more accurate than free-hand technique in spine deformity patients: a prospective, randomized clinical trial. *Eur Spine J.* 2019;28(7):1712-1723. doi: 10.1007/s00586-019-05978-3.
30. Wu C., Tan L., Lin X., Hu H. [Clinical application of individualized reference model of sagittal curves and navigation templates of pedicle screw by three-dimensional printing technique for thoracolumbar fracture with dislocation]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2015;29(11):1381-1388. (In Chinese).
31. Shah K., Gadiya A., Shah M., Vyas D., Patel P., Bhojraj S., Nene A. Does Three-Dimensional Printed Patient-Specific Templates Add Benefit in Revision Surgeries for Complex Pediatric Kyphoscoliosis Deformity with Sublaminar Wires in Situ? A Clinical Study. *Asian Spine J.* 2020 Mar 30. doi: 10.31616/asj.2019.0021.
32. Косулин А.В., Елякин Д.В., Корниевский Л.А., Дарковская А.М., Булатова И.А., Пашко А.А. Применение трехуровневого навигационного шаблона при грудных полупозвонках у детей старшего возраста. *Хирургия позвоночника.* 2020;17(1):54-60. doi: 10.14531/ss2020.1.54-60. Kosulin A.V., Elyakin D.V., Kornievskiy L.A., Darkovskaya A.M., Bulatova I.A., Pashko A.A. [Application of three-level navigation template in surgery for hemivertebrae in adolescents]. *Hirurgia pozvonocnika* [Spine Surgery]. 2020;17(1):54-60. (In Russian). doi: 10.14531/ss2020.1.54-60.

33. Коваленко Р.А., Кашин В.А., Черebilло В.Ю., Шарифов Р.М., Мирончук Р.Р., Акопов А.Л., Иванов В.А. Определение оптимального дизайна навигационных матриц для транспедикулярной имплантации в шейном и грудном отделах позвоночника: результаты кадавер-исследования. *Хирургия позвоночника*. 2019;16(4):77-83. doi: 10.14531/ss2019.4.77-83.
- Kovalenko R.A., Kashin V.A., Cherebillo V.Y., Sharifov R.M., Mironchuk R.R., Akopov A.L., Ivanov V.A. [Determination of optimal design of navigation templates for transpedicular implantation in the cervical and thoracic spine: results of cadaveric studies]. *Hirurgia pozvonocnika* [Spine Surgery]. 2019;16(4):77-83. (In Russian). doi: 10.14531/ss2019.4.77-83.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Коваленко Роман Александрович* — канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7940-7086>

*Пташников Дмитрий Александрович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением патологии позвоночника и костной онкологии травматологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5765-3158>

*Черebilло Владислав Юрьевич* — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6803-9954>

*Кашин Василий Андреевич* — аспирант кафедры нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0626-1565>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Roman A. Kovalenko* — Cand. Sci. (Med.), Neurosurgeon, Department of Neurosurgery, Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7940-7086>

*Dmitrii A. Ptashnikov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Spinal Pathology and Bone Oncology, Traumatology, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5765-3158>

*Vladislav Yu. Cherebillo* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurosurgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6803-9954>

*Vasilii A. Kashin* — PhD Student, Department of Neurosurgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0626-1565>

## Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника

Г.Ш. Голубев<sup>1</sup>, А.А.М. Аль-хабаби<sup>1</sup>, Р.А. Хади<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России,

г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup> ФГАНУ «Научно-исследовательский институт “Специализированные вычислительные устройства защиты и автоматика”», г. Ростов-на-Дону, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Переломы надколенника относительно редки. Их клиническая значимость связана с тем, что они могут вызывать тяжелый пателлофemorальный болевой синдром. В 1970-х годах в клиническую практику был внедрен и широко использовался для лечения этого синдрома латеральный релиз ретинакулюма. Биомеханическая обоснованность операции доказана экспериментально, однако до настоящего времени остается малоизученной роль латерального релиза в профилактике прогрессирования пателлофemorального артроза и сопутствующего болевого синдрома после переломов надколенника. **Цель исследования** — улучшить результаты оперативного лечения переломов надколенника путем сочетания остеосинтеза с латеральным релизом ретинакулюма. **Материал и методы.** В нерандомизированном когортном открытом проспективном исследовании с ретроспективным контролем проанализированы результаты лечения пациентов с закрытыми переломами надколенника. Контрольная (ретроспективная) группа ( $n = 41$ ) выбрана в соответствии с критериями включения из базы данных городского центра травматологии. Группа исследования (проспективная,  $n = 45$ ) формировалась последовательно в 2018–2019 гг. Отличие между ретроспективной и проспективной группами состояло в том, что у пациентов проспективной группы открытый остеосинтез надколенника отрезками спиц и натягивающейся проволоочной петлей сочетался с мини-инвазивным релизом латерального ретинакулюма. Функция оперированного коленного сустава оценивалась через 12 мес. по шкале KOOS. Величина дисконгруэнтности суставной поверхности надколенника измерялась по рентгенограммам, стадия пателлофemorального артроза классифицировалась по Iwano. Статистический анализ включал расчет медиан, средних, проверку гипотезы об отсутствии различий показателей в подгруппах, корреляционный анализ измерявшихся переменных. **Результаты.** Группа исследования и контрольная были неоднородны по полу, возрасту и типам переломов. Контрольная группа: 13 женщин (50,2±12,3 лет), 28 мужчин (41,9±10,7 лет). Группа исследования: 18 женщин (49,7±14,7 лет), 27 мужчин (45,1±11,2 лет). В проспективной группе по сравнению с ретроспективной преобладали переломы типов 34-C1, 34-C2. Нулевая гипотеза о равенстве показателей KOOS и стадии пателлофemorального артроза в обеих группах была отвергнута на уровне значимости  $p < 0,05$ . У пациентов группы исследования показатели по шкале KOOS были лучше, чем в контрольной группе. Корреляционный анализ Spearman выявил положительные связи между показателями KOOS в интервале 0,26–0,41 и отрицательную корреляцию между стадией артроза (-0,29) и латеральным релизом. **Заключение.** Проверка нулевой гипотезы об отсутствии разницы между баллами KOOS в контрольной и исследуемой группах подтвердила ее несостоятельность. Продемонстрировано благоприятное влияние латерального релиза на функцию коленного сустава при оценке среднесрочных результатов остеосинтеза переломов надколенника.

**Ключевые слова:** пателлофemorальный артроз, перелом надколенника, KOOS, латеральный релиз.

Голубев Г.Ш., Аль-хабаби А.А.М., Хади Р.А. Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):61–73. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-61-73.

**Cite as:** Golubev G.Sh., Al-hababi A.A.M., Khadi R.A. [Assessment of the Patellofemorol Joint Condition and the Possibility of Its Functional Improvement after the Closed Fractures of the Patella]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):61–73. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-61-73.

✉ Голубев Георгий Шотаевич / Georgy Sh. Golubev; e-mail: ortho-rostgmu@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 09.07.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 11.08.2020.

# Assessment of the Patellofemoral Joint Condition and the Possibility of Its Functional Improvement after the Closed Fractures of the Patella

G.Sh. Golubev<sup>1</sup>, A.A.M. Al-hababi<sup>1</sup>, R.A. Khadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>2</sup> Scientific Research Institute «Specialized Computing Devices for Protection and Automation», Rostov-on-Don, Russian Federation

## Abstract

**Relevance.** The patellar fractures are relatively rare. Their clinical significance is associated with the fact that they can cause the development of severe patellofemoral pain syndrome. Lateral retinaculum release was introduced into clinical practice in 1970s for treating this syndrome and since was widely used. The biomechanical validity of this operation has been proven experimentally, but the role of lateral release in the prevention of patellofemoral arthritis progression and concomitant pain after patellar fractures remains poorly understood. **The purpose of the study** was to improve the results of the patellar fractures surgery by combining osteosynthesis with lateral retinaculum release. **Materials and Methods.** This was a non-randomized, cohort, open-label prospective study with retrospective control. The treatment results of the patients with closed patellar fractures were analyzed. The prospective group ( $n = 45$ ) was formed sequentially during 2018–2019. The retrospective control group ( $n = 41$ ) was selected from the database of the city center of traumatology according to the inclusion criteria. The difference between both group was that in the patients of the prospective group, open osteosynthesis of the patella with wire segments and a stretching wire loop was combined with minimally invasive release of the lateral retinaculum. The function of the operated knee joint was assessed in 12 months after the surgery by the KOOS. The magnitude of the patellar articular surface discongruence was measured by X-rays; the stage of patellofemoral arthritis was classified by Iwano. The statistical analysis included the calculation of medians, means, absence/presence differences in groups indicators, correlation analysis of the measured variables. **Results.** The comparing groups were heterogeneous in gender, age, and types of fractures: the prospective group comprised 18 women ( $49.7 \pm 14.7$  years), 27 men ( $45.1 \pm 11.2$  years), the retrospective — 13 women ( $50.2 \pm 12.3$  years), 28 men ( $41.9 \pm 10.7$  years). In the prospective group, compared with retrospective, the 34-C1, 34-C2 fractures were prevailed. The null hypothesis about the equality of KOOS indicators and the stage of patellofemoral arthritis in both groups was rejected at the  $p < 0.05$  significance level. The patients of the prospective group had better KOOS indicators. The Spearman's correlation analysis revealed a positive relationship between KOOS scores in the range 0.26 to 0.41 and a negative correlation between the stage of arthritis (-0.29) and lateral release. **Conclusion.** Testing the null hypothesis that there was no difference between the KOOS scores between the prospective and control groups confirmed its inconsistency. The beneficial effect of lateral release on the knee function was demonstrated in the mid-term results of the patellar fractures osteosynthesis.

**Keywords:** patellofemoral arthritis, patellar fractures, KOOS, lateral release.

## Введение

Переломы надколенника, рассматриваемые как причина посттравматического пателлофemorального артроза (ПФА), составляют от 0,7 до 1,0% всех повреждений скелета [1], однако они являются фактором, повышающим риск и частоту гонартроза в среднем в 7 раз [2]. Рентгенографические признаки изолированного пателлофemorального артроза выявляются у 17,1–34,0% пациентов женского пола и у 18,5–19,0% пациентов мужского пола в возрасте 60 лет и старше [3]. Неточная репозиция отломков надколенника приводит к нарушению траектории движения надколенника по дистальной поверхности бедренной кости, неравномерному распределению давления на суставной хрящ, его дегенерации и появлению

болевых ощущений. Доказано, что погрешности репозиции с сохранением ступеньки более 1 мм повышают риск посттравматического ПФА [4].

**Цель исследования** — улучшение функциональных исходов лечения закрытых переломов надколенника у пациентов трудоспособного возраста.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Выполнено нерандомизированное когортное открытое проспективное исследование с ретроспективным контролем, в котором анализируются результаты лечения пациентов с закрытыми переломами надколенника (МКБ-10 S82.0) (рис. 1).



**Рис. 1.** Блок-схема дизайна исследования

**Fig. 1.** The study flowchart

*Критерии включения* пациентов в исследование:

- мужчины и женщины трудоспособного возраста 20–65 лет;
- отсутствие в анамнезе травм поврежденного коленного и смежных суставов, привычных вывихов надколенника;
- отсутствие анамнестических сведений о лечении артроза коленного сустава, в том числе диспластического; решение по данному и предыдущему пункту принималось при наличии в документации кодов сопутствующих патологий;
- закрытый перелом надколенника, проведение оперативного вмешательства в первые 6–12 ч. с момента травмы;
- отсутствие признаков несращения или повреждения фиксирующих элементов в момент итоговой оценки;
- согласие на медицинское вмешательство и участие в исследовании.

**Пациенты**

Пациенты, включенные в контрольную ретроспективную группу, были отобраны из базы данных МБУЗ «Городская больница № 1 им. Н.А. Семашко» г. Ростова-на-Дону в соответствии с указанными критериями и кодировками, действовавшими в 2015–2017 гг. Были запрошены сведения о лицах трудоспособного возраста с переломами надколенника, госпитализированных и оперированных по экстренным показани-

ям. Запрос вернул данные 96 пациентов, которым были разосланы опросники KOOS, инструкции по работе с ними и форма согласия на участие в исследовании.

Пациенты проспективной группы включались в исследование последовательно в течение 2018–2019 гг. При госпитализации проводилось общеклиническое обследование пациентов, рентгенография поврежденного коленного сустава в прямой и боковой проекциях. При отсутствии противопоказаний, связанных с сопутствующими заболеваниями, в ближайшие 6–12 ч. после госпитализации выполнялись открытая репозиция перелома надколенника и остеосинтез отрезками спиц Киршнера с натягивающейся проволочной петлей [5, 6] код операции A16.03.028.005 — открытый остеосинтез надколенника.

**Техника операции**

Доступ к надколеннику осуществлялся срединным разрезом. После завершения этапа репозиции и остеосинтеза натягивающейся петлей проводился мини-инвазивный латеральный релиз ретинакулюма. Техника релиза заключалась в осуществлении доступа длиной 15–20 мм параллельно кожным складкам на уровне верхнего полюса надколенника на расстоянии 10 мм от его латерального края. Края раны разводились, ретинакулюм рассекался продольно в пределах раны. Изогнутыми ножницами, введенными под ретинакулюм,

последний отслаивался от синовиальной оболочки до уровня бугорка Жерди. Направление движения располагали параллельно наружному краю надколенника на расстоянии около 10 мм. Ножницы возвращались к разрезу, бранши слегка разводились так, чтобы ретинакулом оказывался между ними. Продвижением ножниц в дистальном направлении рассекали латеральный ретинакулом. Критерием правильности операционного приема являлось появление свободного перемещения надколенника в боковых направлениях. Доступ ушивался. Описанная техника является модификацией оригинальной техники, предложенной В. Unal с соавторами и А.С. Merchant с соавторами [7, 8].

### Оценка результатов

В обеих группах оценка функционального состояния оперированных коленных суставов осуществлялась через 12–14 мес. с момента получения травмы и проведения операции. Применен метод самоанкетирования с использованием шкалы KOOS [9, 10]. Этот хорошо валидизированный опросник дает возможность всесторонне, по пяти группам критериев, оценить не только состояние оперированного сустава, но и качество жизни субъекта. Пациенты контрольной группы заполняли анкету однократно. В исследуемой группе анкеты вручались при выписке для отчета через 6 и 12 мес. Ряд пациентов предпочли делать отметки в электронной версии анкеты. Данные из анкет переносились в рабочую книгу Excel, где подвергались обработке в соответствии с рекомендованным автором шкалы алгоритмом [10, 11].

При заключительном осмотре выполняли аксиальную рентгенографию коленного сустава с укладкой в положении лежа на животе со сгибанием коленного сустава до 30°, что достигалось регулированием положения подставки под голень. Выбор угла сгибания 30° был продиктован сведениями о его наибольшей информативности для оценки состояния пателлофemorального сустава [12]. Рентгенографические изображения классифицировались в соответствии с критериями оценки состояния пателлофemorального сустава по А.С. Merchant с соавторами [13] и Т. Iwano с соавторами (табл. 1) [14].

При анализе рентгенограмм оценивалась симметричность суставной щели пателлофemorального сустава в проекции skyline. В случае некачественной репозиции измерялась величина «ступеньки» с точностью до 1 мм. Измерения при необходимости округляли в большую сторону. Соблюдалась технология оценки рентгенограмм, описанная S.M. McDonnell с соавторами [15]. Специальный анализ рентгенограмм в прямой и боковой проекциях не проводился ввиду доказанной их малой специфичности в отношении ранних стадий ПФА [5].

Обезличенные демографические сведения, данные опросника KOOS, результаты итоговой на момент прекращения контакта с пациентом оценки рентгенограммы контрольной **C**(ontrol) и исследуемой **R**(esearch) групп сохранялись в рабочей книге. Структура данных показана ниже (табл. 2)

На проведение исследования получено разрешение локального этического комитета ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России №2/16 от 28.06.2016.

Таблица 1

### Рентгенологические критерии пателлофemorального артроза по Т. Iwano

Стадия	Рентгенологические признаки
1 — легкая	Суставная щель >3 мм
2 — умеренная	Суставная щель <3 мм, но без контакта суставной поверхности
3 — тяжелый артроз	Костные поверхности соприкасаются менее чем на четверть поверхности сустава
4 — очень тяжелый артроз	Костный контакт по всей поверхности сустава



## Структура данных исследования

Показатель	Переменная	Тип данных	
Исследуемая группа	Group	String	Бинарный
Год проведения операции	Year	Integer	Дискретный
Идентификатор пациента ФИО99М(Ф)	ID	String	Номинальный
Пол пациента	Gender	String	Номинальный
Возраст, лет в день поступления	Age	Integer	Дискретный
КООС, боль	Pain	Integer	Дискретный
КООС, симптомы	Sympt	Integer	Дискретный
КООС, ежедневная активность	Activity	Integer	Дискретный
КООС, спортивная активность	Sport	Integer	Дискретный
КООС, качество жизни	Qlife	Integer	Дискретный
КООС, интегральный показатель	sum	Integer	Дискретный
Тип перелома по классификации АО	AO	String	Номинальный
Стадия артроза по Merchant	Merch	Integer	Порядковый
Величина дисконгруэнтности, мм	XrStep	Integer	Непрерывный
Код группы: 1 — контроль, 2 — исследование	f.gr	Integer	Дискретный
Код пола: 1 — мужчина, 2 - женщина	f.gen	Integer	Дискретный
Код перелома: 34-(A1 — 1, B1 — 2, B2 -3, C1 — 4, C2 — 5)	f.a1	Integer	Дискретный

**Статистический анализ**

Статистическая обработка включала в себя расчет размахов, медианы, моды, средних значений, квантилей, стандартных отклонений. Проводили тестирование на нормальность распределения непрерывных показателей, исследование связей методом корреляционного анализа. Первичная обработка осуществлялась в рабочей книге Excel (Microsoft® Excel v.18.2005.1191.0). Данные экспортировались в RStudio (Version 1.1.463 — © 2009—2018 RStudio, Inc.) и обрабатывались с использованием пакета tidyverse [16]\*.

**Результаты**

Получены и анализируются данные 86 пациентов, собранные в период 2015–2019 гг. Распределение пациентов по полу, типам переломов и средние значения количественных признаков представлены в таблицах 3 и 4. Функциональное состояние сустава отражает профиль KOOS, определяемый как сочетание баллов в разделах Боль, Симптомы, Ежедневная ак-

тивность, Спорт, Качество жизни [17]. В таблице 4 приведены средние значения баллов KOOS по категориям в подгруппах в зависимости от типов переломов. Изменение средних значений баллов KOOS пациентов обеих групп через год после операции демонстрирует рисунок 2.

Распределение пациентов в группах по полу и возрасту нельзя считать нормальным, что подтверждается проверкой в тесте Wilcoxon, возвращающим значение Age by Gender  $W = 1139,5$ ;  $p\text{-value} = 0,009907$ . В когорте преобладают мужчины, их средний возраст значительно меньше, чем средний возраст женщин.

Анализ плотности распределения переломов по типу в группах позволяет считать, что группы значительно различаются по структуре с преобладанием в контрольной частичных и полных внутрисуставных переломов 34-(B2, C1, C2) (рис. 2).

Очевидно, что профили KOOS для анализируемых групп имеют сходную форму с некоторым превышением значений в контрольной подгруппе (рис. 3).

\* Файл данных исследования в формате csv доступен по адресу: [https://yadi.sk/d/bThxBYptfg3\\_Qw](https://yadi.sk/d/bThxBYptfg3_Qw).

Таблица 3

Распределение пациентов по группам, полу, возрасту и типам переломов

Группа	Пол	n	Ср. возраст, лет	SD, ± лет	Тип перелома АО, чел.				
					34-A1	34-B1	34-B2	34-C1	34-C2
С	Ж	13	50,2	12,3	6	6	1	0	0
	М	28	41,9	10,7	9	9	0	8	2
R	Ж	18	49,7	14,7	2	5	4	8	3
	М	27	45,1	11,2	5	6	0	9	3

С – контрольная ретроспективная группа, R – исследуемая проспективная группа; n – количество пациентов, чел.; М – мужчины; Ж – женщины.

Таблица 4

Средние значения баллов KOOS в зависимости от типа перелома

Группа	Тип по классификации АО	n, чел	Ср. возраст, лет	SD	Боль, балл		Симптомы, балл		Активность, балл		Спорт, балл		Качество жизни, балл	
					Среднее	SD	Среднее	SD	Среднее	SD	Среднее	SD	Среднее	SD
С	34-A1	15	48	12,5	83,6	11,3	73,6	11,6	82,3	13,7	29,5	18,1	55,8	13,9
С	34-B1	15	44	11,8	80,5	15,8	74,8	16,3	80,3	13,8	52,7	14,5	54,7	19,8
С	34-B2	1	32	NaN	36,0	NaN	39,0	NaN	35,0	NaN	22,0	NaN	34,0	NaN
С	34-C1	8	43	11,1	79,4	9,81	72,0	5,73	79,8	9,07	49,6	18,5	49,2	21,2
С	34-C2	2	42	12,0	72,5	6,36	60,5	2,12	68,5	9,19	23,5	2,12	46,5	3,54
R	34-A1	7	49	12,4	91,3	14,4	89,6	13,4	84,9	21,6	45,6	24,7	68,6	23,0
R	34-B1	11	51	12,7	89,7	11,7	81,0	13,9	87,8	9,58	53,8	26,3	70,2	18,4
R	34-B2	4	47	7,94	57,2	15,2	66,0	11,8	50,8	27,4	38,8	10,2	69,8	15,0
R	34-C1	17	44	14,6	88,7	11,1	84,3	14,9	90,6	12,6	68,2	16,1	62,4	19,7
R	34-C2	6	47	11,4	94,3	5,54	84,0	10,3	95,2	5,34	34,7	7,74	64,2	17,9

С – контрольная группа, R – исследуемая группа, NaN – расчет невозможен из-за недостаточности данных.

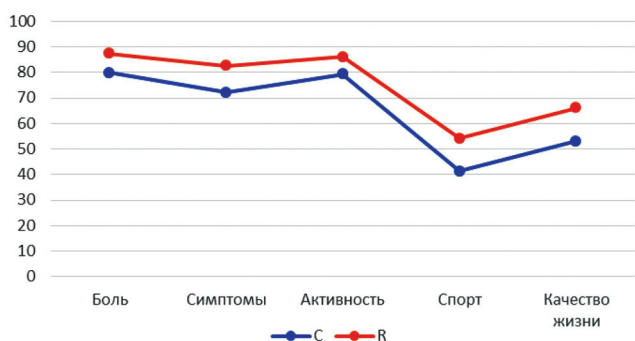
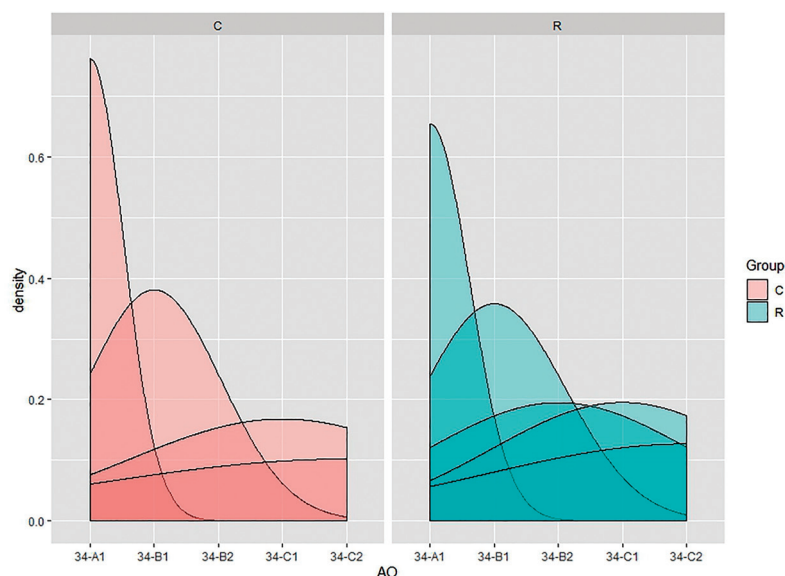


Рис. 2. Профиль KOOS пациентов групп С и R через 12 мес. со дня операции

Fig. 2. KOOS profile of the patients in groups C (control) and R (with lateral release) in 12 months after the surgery



**Рис. 3.** Плотность распределения переломов по типу АО в контрольной (слева) и исследуемой (справа) группах  
**Fig. 3.** Density of distribution of AO-type fractures in the control (left) and studied (right) groups

Проведена проверка нулевой гипотезы об отсутствии различий между группами с вероятностью ошибки первого рода  $p < 0,05$  с использованием теста Student в модификации Welch для данных с ненормальным распределением. Вероятность получения в исследуемой группе таких же баллов по опроснику KOOS, как и в контрольной группе, не превышает 0,05 (табл. 5). Следовательно, нуле-

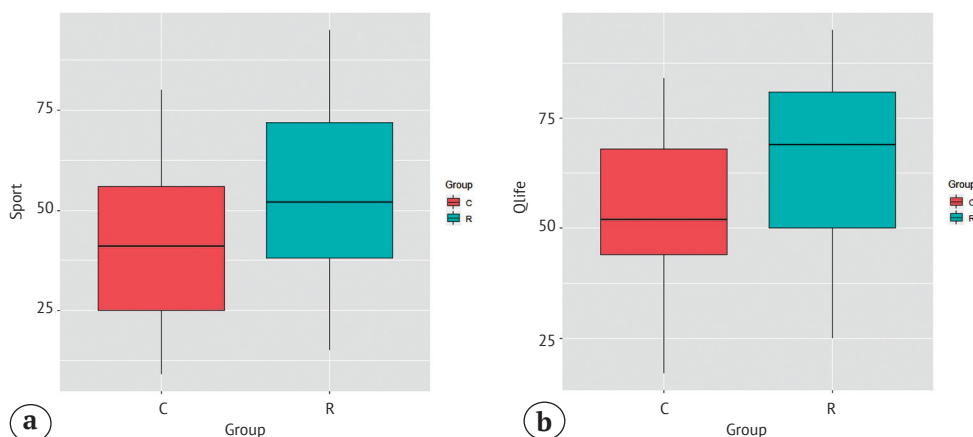
вая гипотеза об отсутствии различий между показателями должна быть отклонена.

Из сравнения профилей KOOS следует, что наименьшую оценку у пациентов в обеих группах имеют спортивная активность и качество жизни. Диаграммы размахов для этих признаков показаны на рисунке 4.

Таблица 5

**Проверка нулевой гипотезы об отсутствии различий между группами с использованием теста Welch, средние баллы**

Показатель	Группа		p-value
	Контрольная (C)	Исследуемая (R)	
Боль	80	87	0,0210
Симптомы	72	83	0,0009
Активность	79	87	0,0177
Спорт	41	54	0,0068
Качество жизни	53	66	0,0013
ПФА по Merchant	2,15	1,64	0,0050



**Рис. 4.** Диаграммы размахов признаков «Спорт» (а) и «Качество жизни» (б) в группах  
**Fig. 4.** Diagrams of the attributes «Sport» (a) and «Quality of life» (b) ranges in the C and R groups

На диаграммах можно отметить, что величины размахов оценок спортивной и рекреационной активности в обеих группах близки. Это означает большую вариабельность оценок пациентами своей способности к занятиям спортом и активности на отдыхе. Медианы оценок спортивной активности и качества жизни в исследуемой группе больше, чем в контрольной, но они значительно ниже, чем соответствующие медианы у здоровых мужчин в возрасте 35–54 лет, у которых достигают 87,5 [18].

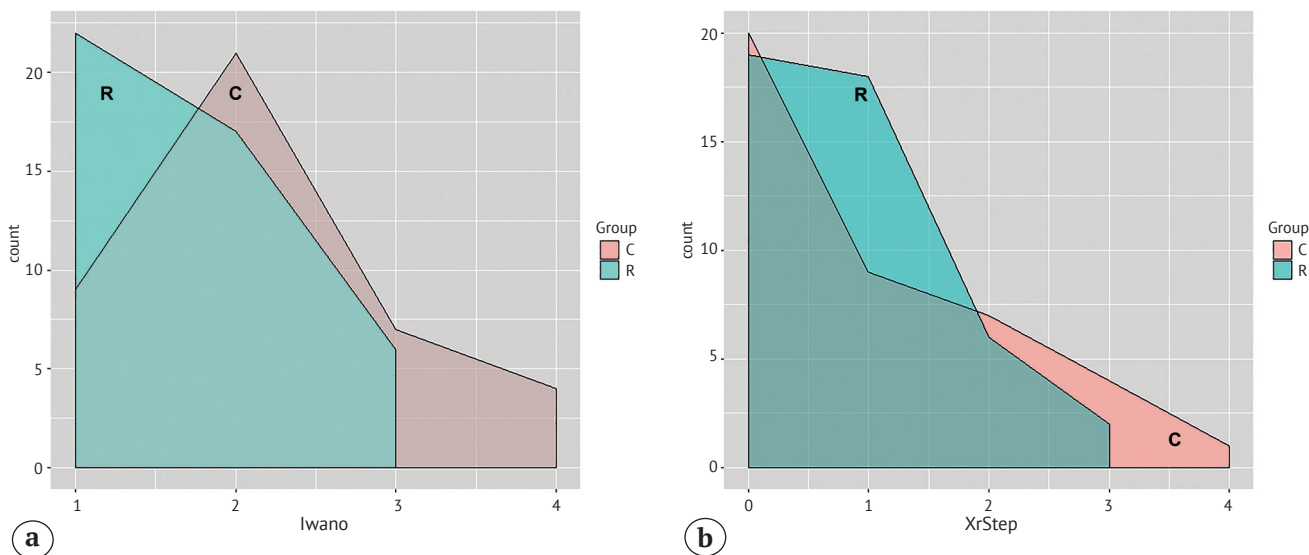
Фактором, являющимся причиной болей и нарушений функции коленного сустава, общепризнанно является артроз [19]. Соотношение частоты артроза и дефектов репозиции можно оценить на диаграммах плотности распределения стадии артроза по Iwano и величины «ступенек» между сопоставленными суставными поверхностями надколенника (рис. 5).

Анализ плотности распределения стадии ПФА и величины дисконгруэнтности, представленных выше, позволяет констатировать, что хотя количество пациентов с дефектами репозиции примерно сопоставимо в обеих группах, распределение стадий ПФА в исследуемой группе смещено влево. Таким образом, можно утверждать, что в исследуемой когорте в группе R преобладают пациенты с меньшей стадией артроза.

Приводим пример сравнения профилей KOOS для пациенток группы С (перелом 34-A1, стадия артроза 2 по Iwano, величина «ступеньки» 1 мм) и группы R (перелом 34-C1, стадия артроза 2, величина «ступеньки» 1 мм). Выполнение латерального релиза у пациентки группы R при прочих равных условиях улучшило ее оценку качества жизни (рис. 6).

Представляет определенный интерес взаимодействие показателей KOOS, типа перелома надколенника, качества репозиции, наличия признаков артроза пателлофemorального сустава и факта выполнения латерального релиза. Оценены корреляции между признаками, характеризующими результат оперативного лечения перелома надколенника (коэффициенты корреляции Spearman). Выявлены взаимосвязь между стадией артроза и величиной «ступеньки» на суставной поверхности, отрицательная корреляция между дисконгруэнтностью, стадией артроза и показателями функции коленного сустава по шкале KOOS (табл. 6).

Прослеживаемые связи между типом перелома и показателями KOOS плохо поддаются трактовке из-за малого количества наблюдений в каждой группе. Оценивая принадлежность к исследуемой группе (f.gr) как фактор, отражающий выполнение латерального релиза, можно отметить положительную слабую взаимосвязь между ним и показателями функции коленного сустава.



**Рис. 5.** Плотность распределения стадии пателлофemorального артроза по Iwano (a) и величины «ступеньки» в миллиметрах (b) в группах

**Fig. 5.** Density of distribution of the Iwano stages of patellofemor arthritis (a) and the size of the «step» in millimeters (b) in the C and R groups

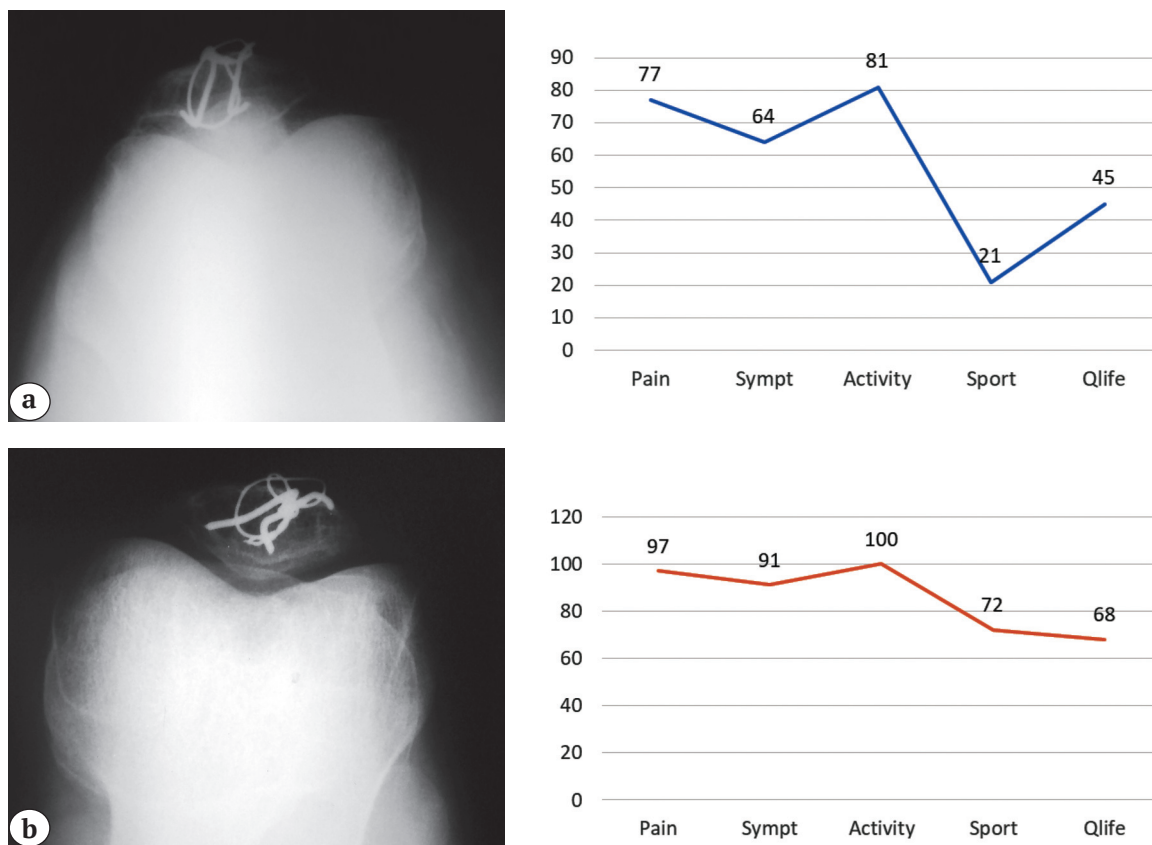


Рис. 6. Сравнение среднесрочных результатов лечения переломов надколенника при погрешностях репозиции: а – пациентка группы С; б – пациентка группы R

Fig. 6. The comparison of mid-term results of patellar fractures treatment with reposition errors: a – female patient of C group; b – female patient of R group

Таблица 6

Корреляционная матрица (Spearman) количественных признаков исследования

	f.gr	f.gen	f.a1	Age	Pain	Sympt	Activity	Sport	Qlife	Merch	XrStep
f.gr	1,00										
f.gen	-0,79	1,00									
f.a1	0,83	-0,78	1,00								
Age	0,18	-0,03	0,12	1,00							
Pain	0,31	-0,27	0,31	-0,10	1,00						
Sympt	0,37	-0,25	0,35	0,07	0,80	1,00					
Activity	0,35	-0,33	0,32	-0,16	0,89	0,68	1,00				
Sport	0,21	-0,18	0,24	-0,06	0,41	0,47	0,42	1,00			
Qlife	0,34	-0,26	0,29	0,25	0,67	0,67	0,54	0,36	1,00		
Merch	-0,26	0,30	-0,27	0,18	-0,44	-0,42	-0,54	-0,24	-0,28	1,00	
XrStep	-0,02	0,11	0,04	0,18	-0,41	-0,33	-0,41	-0,05	-0,33	0,56	1,00

Обозначения переменных приведены в таблице 2.

## Обсуждение

Частота переломов крупной сесамовидной кости — надколенника — колеблется в интервале от 11,4 до 14,7 на 100 000 населения в год и составляет около 1% от всех переломов скелета [1]. Прослеживаются зависимости частоты различных типов переломов надколенника пола от возраста пострадавших, а также сезонные зависимости [1, 20]

Способы лечения переломов надколенника и направления улучшения их результатов все еще остаются зоной интересов, о чем свидетельствуют данные National Library of Medicine за период с 2000 по 2020 г. о ежегодной публикации в среднем 68 статей по теме исследования\*. Стратегия выбора способа оперативного лечения, как правило, определяется дежурным хирургом и зависит от его опыта, технических возможностей, типа перелома, доступности металлоконструкций, возраста и функциональных запросов пациента [21, 22]. Существует большое количество способов остеосинтеза с использованием канюлированных винтов, спиц Кишнера в сочетании с натягивающейся проволочной петлей, биодеградирующих имплантатов, компрессионных пластин и внеочагового остеосинтеза [6, 23, 24, 25]. Однако ни один из перечисленных способов не имеет преимуществ ни по количеству несращений переломов, ни по качеству функциональных исходов, а выбор способа остеосинтеза остается за хирургом [24]. Поиск путей улучшения результатов лечения переломов надколенника должен происходить в направлениях оценки и сравнения функции оперированного сустава в зависимости от способа остеосинтеза и комбинирования различных технологий оперирования и реабилитации [26].

Предлагаемая и опробованная комбинация остеосинтеза перелома проверенным способом — отрезками спиц с натягивающейся проволочной петлей и латерального релиза ретинакулюма представлялась логичной, не увеличивающей существенно продолжительность и травматичность операции. Биомеханическая и клиническая эффективность латерального релиза в лечении артроза ПФА и мэltreкинга надколенника была неоднократно продемонстрирована [27]. Прямые измерения усилий давления надколенника на латеральную и медиальную суставные фасетки бедренной кости показывают, что латеральный релиз ретинакулюма оказывает разгружающий эффект, уменьшает усилия трения и замедляет темпы хондромалации [28, 29].

Для объективизации оценки функции колennого сустава и рентгенологических результатов оперативного вмешательства в настоящем исследовании использовались шкала KOOS и рентгенометрическая шкала Merchant. KOOS является общепризнанной валидизированной шкалой, пригодной для мониторинга исходов лечения патологии колennого сустава и создания научно обоснованных способов лечения [30, 31].

Установлено, что профиль KOOS пациентов исследуемой группы по всем показателям превышает соответствующие значения в контрольной группе. Полученные показатели KOOS не достигают значений для соответствующих возрастных групп в популяциях [32, 33]. Наибольшее функциональное отклонение зарегистрировано в обеих подгруппах в оценках спортивно-рекреационной активности и качества жизни. Этот феномен был также отмечен в некоторых исследованиях, где подчеркивается, что большинство пациентов сообщают об ухудшении качества жизни в ближайшие несколько лет после перелома надколенника [17, 34, 35].

Причиной длительной реабилитации и неудовлетворительных функциональных исходов большинство авторов считает развитие ПФА, связанного с неудовлетворительной репозицией или поломкой фиксаторов в процессе лечения [6, 17, 23]. В анализируемой когорте доля пациентов с ПАФ более 1 по Merchant достигла 78% и 51% в контрольной и исследуемой группах соответственно. Похожие данные получены в довольно старом исследовании, констатировавшем, что у 53% пострадавших развивается посттравматический ПФА [36]. Доли пациентов с зарегистрированным смещением суставных поверхностей, равным и превышающим 1 мм, составили 51% и 58% в контрольной и исследуемой группах соответственно. В сочетании с большим количеством истинных внутрисуставных переломов в исследуемой группе обратное соотношение количества пациентов с ПФА и дисконгруэнтностью позволяет заключить, что латеральный релиз явился фактором, предупреждающим прогрессирование ПФА. О профилактической и лечебной роли латерального релиза сообщается также в некоторых публикациях [6, 28].

В нашем исследовании оценивалась роль латерального релиза надколенника как фактора, снижающего вероятность развития посттравматического ПФА и улучшающего функциональные результаты оперативного лечения. Корреляционный анализ продемонстрировал положительную связь между

\* URL: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=fracture of patella&filter=years.2000-2020&pos=1](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=fracture+of+patella&filter=years.2000-2020&pos=1).

проведением латерального релиза надколенника и улучшением показателей KOOS в исследуемой группе, несмотря на сходную частоту нарушений репозиции.

### Ограничение исследования

При интерпретации результатов данного исследования необходимо учитывать, что оно не лишено ряда ограничений. Исследование включает в себя проспективную группу с ретроспективным контролем, следствием чего является неоднородность возрастного состава, структуры переломов. Кроме того, отсутствие рандомизации не позволило исключить субъективизм выбора способа операции даже на этапе набора исследуемой группы. В настоящем наблюдательном исследовании была сделана попытка оценить корреляции функциональных оценок с рентгенологическими данными. Мы постарались показать, как неточность репозиции в комбинации с латеральным релизом могут влиять на функциональные результаты, однако небольшой размер выборки ограничивает возможность дифференцировать оценки при любом типе переломов надколенника. Кроме того, мы не переоцениваем точность измерения суставного выравнивания по рентгенограммам, поскольку погрешности укладки и фокусного расстояния в системе «рентгеновская трубка – коленный сустав» искажают истинные размеры. Еще одной уязвимой позицией исследования может быть отсутствие сведений о реабилитационных программах, которые были выполнены или не выполнены пациентами. Мы не имеем данных о восстановлении четырехглавой мышцы, дефиците силы и объема головок, которые также являются факторами прогрессирования ПФА [37, 38].

Авторы отдают себе отчет, что наблюдение в течение года не может рассматриваться как полноценное доказательство значимой роли латерального релиза в профилактике развития пателлофemorального артроза. Необходимы дальнейшие наблюдения за описанной группой пациентов с периодичностью в 3–5 лет, чтобы подтвердить профилактическую эффективность описанной технологии.

В доступной литературе не найдено исследований, в которых бы использовались валидизированные шкалы, в частности KOOS, в сочетании с анализом рентгенограмм для оценки среднесрочных результатов лечения переломов надколенника. Сведения, полученные в результате настоящего исследования, могут быть полезны для информирования пациентов о вероятных результатах и сравнения различных методов лечения переломов надколенника.

Проверка нулевой гипотезы об отсутствии разницы между баллами KOOS в контрольной и исследуемой группах подтвердила ее несостоятельность. Латеральный релиз, сочетанный с открытым остеосинтезом, положительно связан с лучшими среднесрочными результатами лечения переломов надколенника.

### Этика публикации

Пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию клинических наблюдений.

**Источники финансирования:** настоящее исследование не имело источников финансирования в виде грантов, спонсорской помощи и т. п.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

### Вклад авторов

*Голубев Г.Ш.* — дизайн исследования, разработка структуры данных, анализ научных публикаций и подготовка текста обсуждения.

*Аль-хабаби А.А.М.* — сбор, первичная обработка, накопление данных, непосредственное участие в оперативных вмешательствах у пациентов исследуемой группы, связь с пациентами в послеоперационном периоде, обработка рентгенограмм.

*Хади Р.А.* — разработка алгоритмов математической обработки и визуализации данных, интерпретация результатов статистической обработки.

### Литература [References]

1. Larsen P., Court-Brown C.M., Vedel J.O., Vistrup S., Elsoe R. Incidence and Epidemiology of Patellar Fractures. *Orthopedics*. 2016;39(6):e1154-e1158. doi: 10.3928/01477447-20160811-01.
2. Snoeker B., Turkiewicz A., Magnusson K., Frobell R., Yu .D., Peat G. et al. Risk of knee osteoarthritis after different types of knee injuries in young adults: a population-based cohort study. *Br J Sports Med*. 2020;54(12): 725-730. doi: 10.1136/bjsports-2019-100959.
3. Qiu Y., Lin C., Liu Q., Zhong Q., Tao K., Xing D. et al. Imaging features in incident radiographic patellofemoral osteoarthritis: the Beijing Shunyi osteoarthritis (BJS) study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):359. doi: 10.1186/s12891-019-2730-x.
4. Gwinner C., Mårdian S., Schwabe P., Schaser K.D., Krapohl B.D., Jung T.M. Current concepts review: Fractures of the patella. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*. 2016;5:Doc01. doi: 10.3205/iprs000080.
5. Загородний Н.В., Хиджазин В.Х., Абдулхабилов М.А., Солод Э.И., Футрык А.Б. Переломы надколенника и их лечение. Москва: РУДН; 2017. 44 с. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_30472506\\_70391518.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_30472506_70391518.pdf)
6. Zagorodny N.V., Khidzhazin V.Kh., Abdulkhabirov M.A., Solod E.I., Futryk A.B. Perelomy nadkolennika i ikh lechenie [Patella fractures and their treatment]. Moscow: RUDN University; 2017. 44 p. (In Russian). Available from: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_30472506\\_70391518.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_30472506_70391518.pdf)
7. Steinmetz S., Brügger A., Chauveau J., Chevalley F., Borens O., Thein E. Practical guidelines

- for the treatment of patellar fractures in adults. *Swiss Med Wkly.* 2020;150:w20165. doi: 10.4414/sm.w.2020.20165.
7. Unal B., Hinckel B.B., Sherman S.L., Lattermann C. Comparison of Lateral Retinaculum Release and Lengthening in the Treatment of Patellofemoral Disorders. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2017;46(5):224-228.
  8. Merchant A.C., Mercer R.L. Lateral release of the patella. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1974;(103):40-45. doi: 10.1097/00003086-197409000-00027.
  9. Roos E.M., Roos H.P., Lohmander L.S., Ek Dahl C., Beynon B.D. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) – development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(2):88-96. doi: 10.2519/jospt.1998.28.2.88.
  10. Roos E.M., Engelhart L., Ranstam J., Anderson A.F., Irrgang J.J., Marx R.G. et al. ICRS Recommendation Document: Patient-Reported Outcome Instruments for Use in Patients with Articular Cartilage Defects. *Cartilage.* 2011;2(2):122-136. doi: 10.1177/1947603510391084.
  11. Бараненков А.А., Голозубов О.М., Голубев В.Г., Голубев Г.Ш., Жданов В.Г. Региональная адаптация шкалы оценки исходов повреждений и заболеваний коленного сустава KOOS. *Травматология и ортопедия России.* 2007;43(1):26-32.  
Baranenkov A.A., Golozubov O.M., Golubev V.G., Golubev G.Sh., Zhdanov V.G. [The regional adaptation of koos rating scale of the outcomes of knee injuries and diseases]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2007;43(1):26-32. (In Russian).
  12. Heng H.Y., Bin Abd Razak H.R., Mitra A.K. Radiographic grading of the patellofemoral joint is more accurate in skyline compared to lateral views. *Ann Transl Med.* 2015;3(18):263. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.10.33.
  13. Merchant A.C., Mercer R.L., Jacobsen R.H. Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56(7):1391-1396.
  14. Iwano T., Kurosawa H., Tokuyama H., Hoshikawa Y. Roentgenographic and clinical findings of patellofemoral osteoarthritis. With special reference to its relationship to femorotibial osteoarthritis and etiologic factors. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(252):190-197.
  15. McDonnell S.M., Bottomley N.J., Hollinghurst D., Rout R., Thomas G., Pandit H. et al. Skyline patellofemoral radiographs can only exclude late stage degenerative changes. *Knee.* 2011;18(1):21-23. doi: 10.1016/j.knee.2009.10.008.
  16. Wickham H., Golemund G. R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data. Sebastopol, CA: O'Reilly; 2017. 494 p. ISBN 978-1-491-91039-9
  17. LeBrun C.T., Langford J.R., Sagi H.C. Functional outcomes after operatively treated patella fractures. *J Orthop Trauma.* 2012;26(7):422-426. doi: 10.1097/BOT.0b013e318228c1a1.
  18. Иржанский А.А., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Валидация и культурная адаптация шкалы оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(2):70-79. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79.  
Irzhanski A.A., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Validation and Cross-Cultural Adaptation of Rating Systems Womac, KSS and FJS-12 in Patients with Knee Disorders and Injuries]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):70-79. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79.
  19. Зайцева Е.М., Алексеева Л.И. Причины боли при остеоартрозе и факторы прогрессирования заболевания (обзор литературы). *Научно-практическая ревматология.* 2011;49(1):50-57. doi: 10.14412/1995-4484-2011-867.  
Zaytseva E.M., Alekseeva L.I. [The causes of pain in osteoarthritis and the factors of disease progression (a review of literature)]. *Nauchno-prakticheskaya revmatologiya* [Rheumatology Science and Practice]. 2011;49(1):50-57. doi: 10.14412/1995-4484-2011-867. (In Russian).
  20. Neumann M.V., Niemeier P., Südkamp N.P., Strohm P.C. Patellar fractures – a review of classification, genesis and evaluation of treatment. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81(5):303-312.
  21. Kakazu R., Archdeacon M.T. Surgical Management of Patellar Fractures. *Orthop Clin North Am.* 2016;47(1):77-83. doi: 10.1016/j.ocl.2015.08.010.
  22. Солод Э.И., Загородний Н.В., Лазарев А.Ф., Цыкунов М.Б., Абдулхабирова М.А., Хиджазин В.Х. Возможности хирургического лечения и реабилитации пациентов с переломами надколенника. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2019;(1):11-16. doi: 10.17116/vto201901111.  
Solod E.I., Zagorodniy N.V., Lazarev A.F., Tsykunov M.B., Abdulhabirov M.A., Hijazin V.H. [Surgical treatment and rehabilitation capabilities of patients with patellar fractures]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2019;(1):11-16. (In Russian). doi: 10.17116/vto201901111.
  23. Jang J.H., Rhee S.J., Kim J.W. Hook plating in patella fractures. *Injury.* 2019;50(11):2084-2088. doi: 10.1016/j.injury.2019.08.018.
  24. Müller E.C., Frosch K.H. [Fractures of the patella]. *Chirurg.* 2019;90(3):243-254. (In German). doi: 10.1007/s00104-019-0797-4.
  25. Yang T.Y., Huang T.W., Chuang P.Y., Huang K.C. Treatment of displaced transverse fractures of the patella: modified tension band wiring technique with or without augmented circumferential cerclage wire fixation. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):167. doi: 10.1186/s12891-018-2092-9.
  26. Drahotka A., Revell-Smith Y. Interventions for Treating Fractures of the Distal Femur in Adults. *Orthop Nurs.* 2018;37(3):208-209. doi: 10.1097/NOR.0000000000000451.
  27. Peretz J.I., Driftmier K.R., Cerynik D.L., Kumar N.S., Johanson N.A. Does lateral release change patellofemoral forces and pressures?: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(3):903-909. doi: 10.1007/s11999-011-2133-2.
  28. Chen J.B., Chen D., Xiao Y.P., Chang J.Z., Li T. Efficacy and experience of arthroscopic lateral patella retinaculum releasing through/outside synovial membrane for the treatment of lateral patellar compression syndrome. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):108. doi: 10.1186/s12891-020-3130-y.
  29. Ostermeier S., Holst M., Hurschler C., Windhagen H., Stukenborg-Colsman C. Dynamic measurement of patellofemoral kinematics and contact pressure after lateral retinaculum release: an in vitro study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(5):547-554. doi: 10.1007/s00167-006-0261-0.
  30. Baldwin J.N., McKay M.J., Simic M., Hiller C.E., Moloney N., Nightingale E.J. et al. 1000 Norms Project Consortium. Self-reported knee pain and



- disability among healthy individuals: reference data and factors associated with the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) and KOOS-Child. *Osteoarthritis Cartilage*. 2017;25(8):1282-1290. doi: 10.1016/j.joca.2017.03.007.
31. Collins N.J., Misra D., Felson D.T., Crossley K.M., Roos E.M. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011;63 Suppl 11(0 11):S208-228. doi: 10.1002/acr.20632.
  32. Paradowski P.T., Bergman S., Sundén-Lundius A., Lohmander L.S., Roos E.M. Knee complaints vary with age and gender in the adult population. Population-based reference data for the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7:38. doi:10.1186/1471-2474-7-38.
  33. Garratt A.M., Brealey S., Gillespie W.J. Patient-assessed health instruments for the knee: a structured review. *Rheumatology (Oxford)*. 2004;43(11):1414-1423. doi: 10.1093/rheumatology/keh362.
  34. Manarbekov E.M., Dyusupov A.Z., Dyusupov A.A., Djumabekov S.A., Abisheva A.S., Manarbekova T.M., Hakimov M.K. [Quality of life of patients with various variants of osteosynthesis of patellar fractures]. *Meditsina (Almaty)* [Medicine (Almaty)]. 2018;(6):57-61. (In Kazakh). doi: 10.31082/1728-452X-2018-192-6-57-61.
  35. Хиджазин В.Х., Солод Э.И., Абдулхабилов М.А. Результаты хирургического лечения переломов надколенника. *Гений Ортопедии*. 2020;26(1):13-17. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-1-13-17. Khidzhazin V.Kh., Solod E.I., Abdulkhabirov M.A. [Outcomes after operative treatment of patella fractures]. *Genij Ortopedii*. 2020;26(1):13-17. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-1-13-17.
  36. Saltzman C.L., Goulet J.A., McClellan R.T., Schneider L.A., Matthews L.S. Results of treatment of displaced patellar fractures by partial patellectomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(9):1279-1285.
  37. Chin C., Sayre E.C., Guermazi A., Nicolaou S., Esdaile J.M., Kopec J. et al. Quadriceps Weakness and Risk of Knee Cartilage Loss Seen on Magnetic Resonance Imaging in a Population-based Cohort with Knee Pain. *J Rheumatol*. 2019;46(2):198-203. doi: 10.3899/jrheum.170875.
  38. Hart H.F., Ackland D.C., Pandey M.G., Crossley K.M. Quadriceps volumes are reduced in people with patellofemoral joint osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012;20(8):863-868. doi: 10.1016/j.joca.2012.04.009.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Голубев Георгий Шотаевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ЛФК и спортивной медицины, ФГБУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2328-8073>

Аль-хабаби Абдулла Ахмед Мохаммед — аспирант кафедры травматологии и ортопедии, ЛФК и спортивной медицины, ФГБУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-0103>

Хади Роман Ахмедович — канд. техн. наук, доцент, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт «Специализированные вычислительные устройства защиты и автоматика», г. Ростов-на-Дону, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7271-9837>

## AUTHORS' INFORMATION:

Georgy Sh. Golubev — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Trauma and Orthopedics Chair, Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2328-8073>

Abdulla A.M. Al-hababi — PhD Student, Trauma and Orthopedics Chair, Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-0103>

Roman A. Khadi — Cand Sci. (Tech.), Assistant Professor, Scientific Research Institute «Specialized Computing Devices for Protection and Automation», Rostov-on-Don, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7271-9837>

## Комментарий к статье «Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника»

Д.В. Чугаев

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

## Comment to the Article “Assessment of the Patellofemoral Joint Condition and the Possibility of its Functional Improvement after the Closed Fractures of the Patella”

D.V. Chugaev

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

### Современное состояние проблемы

Анализируя результаты лечения переломов надколенника, представленные в современной литературе, обращает на себя внимание удивительная дихотомия. С одной стороны, в арсенале ортопедического хирурга XXI века рутинно используются технологии пассивной и активной компьютерной навигации, роботизированная техника, аддитивные технологии, экзопротезирование с использованием методик остеointegrации и многое другое. Но в то же время в лечении переломов надколенника, которые составляют до 1,5% от общего числа всех переломов костей тела, лидирующие позиции занимают различные комбинации спиц и проволоки, предложенных еще в середине прошлого века [1, 2]. При этом у 15–20% пациентов с переломами надколенника, при лечении которых использовали фиксацию отломков надколен-

ника спицами и проволочным серкляжным швом, в послеоперационном периоде было зафиксировано смещение костных фрагментов [3, 4], а плохие клинические результаты зафиксированы у более чем 50% больных [1]. Столь же удручающие данные приводят и авторы обсуждаемой статьи, которые указывают, что у 51% и 58% больных в изучаемых группах было зарегистрировано вторичное смещение отломков в послеоперационном периоде.

Безусловно, данная операционная техника, называемой в русскоязычной литературе «остеосинтезом по Weber», а в англоязычной литературе «tension band wire», была популяризирована и биомеханически обоснована исследованиями АО и хорошо работает скорее для двух- и трехфрагментарных переломов, но не для оскольчатых, которые требуют более жесткой фиксации костных отломков. Многие авторы, оценивая данный параметр, сделали упор на анализ этой методики в сравнении с применением блокируемых корзинчатых и крючковидных пластин, различных вариантов пуговчатых фиксаторов, канюлированных винтов и др. [3, 4, 5, 6]. При этом они

#### • Комментарий к статье

Голубев Г.Ш., Аль-хабаби А.А.М., Хади Р.А. Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):61-73. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-61-73.

Чугаев Д.В. Комментарий к статье «Оценка состояния и возможность улучшения функции пателлофemorального сустава после закрытых переломов надколенника». *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):74-79. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-74-79.

**Cite as:** Chugaev D.V. [Comment to the Article “Assessment of the Patellofemoral Joint Condition and the Possibility of its Functional Improvement after the Closed Fractures of the Patella”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):74-79. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-74-79.

✉ Чугаев Дмитрий Валерьевич / Dmitrii V. Chugaev; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

исходили из очевидного утверждения о том, что целью любого остеосинтеза должно быть восстановление нарушенной анатомии поврежденной кости до нативного состояния. Вероятно, разработка новых методик фиксации костных фрагментов надколенника либо принципиально новых хирургических подходов к оперативному лечению пациентов с данной патологией должно стать объектом новых исследований. Но авторы обсуждаемой статьи предпочли несколько иной путь, попытавшись воздействовать не на «место болезни», а на окружающие надколенник пассивные стабилизаторы, что должно было нивелировать недостатки существующей технологии остеосинтеза.

### Что нам дает эта публикация

При изучении научной литературы по этому вопросу обращает на себя внимание обилие иностранных научных публикаций, оценивающих результаты лечения пациентов с применением разнообразных методик остеосинтеза, в то время как в русскоязычном поле преобладают в основном многочисленных рефераты авторских изобретений и полезных моделей устройств для фиксации костных отломков надколенника, вызывающих весьма ограниченный интерес у других практикующих ортопедов. Поэтому обсуждаемая статья, безусловно, является очень важным исследованием, показывающим сохраняющееся внимание в ортопедическом сообществе к совершенствованию методик хирургического лечения переломов надколенника.

В медицине важно не забывать о том, что зачастую проверка интересующих нас гипотез может нести потенциальные риски для наших пациентов. По нашему мнению, технология, описанная в обсуждаемой статье, возможно, имеет ряд ограничений, которые могут мешать ее повторяемости и безопасности, что и хотелось бы проанализировать в данном комментарии.

### Рентгенологическое обследование пациентов с переломами надколенника

По очень верной оценке S.T. Donell и M.M. Glasgow, «рентгенологические исследования в диагностике ортопедических заболеваний — это тень реальности» [7]. А когда мы говорим о функциональных рентгенограммах, к которым можно отнести аксиальные рентгенограммы надколенника, то эта тень становится еще более призрачной. Почему это важно? В обсуждаемой статье авторы предлагают свою методику выполнения аксиальной рентгенографии — в положении пациента на животе с подставкой под голень (рис. 1). Но в этой позиции разгибательный аппарат коленного сустава расслаблен,

осуществляется компрессия четырехглавой мышцы, что не позволяет надколеннику центрироваться в трохлеарной борозде, и есть значительные трудности в позиционировании лучевой трубки и рентгеновской кассеты.

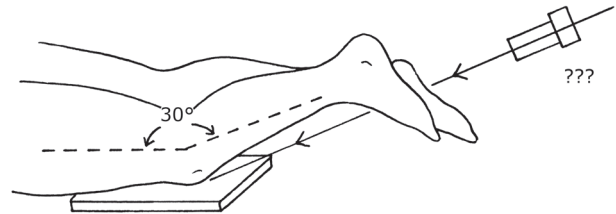


Рис. 1. Укладка пациента, описанная Г.Ш. Голубевым с соавторами

Если не осуществлять контроль за выполнением рентгенографии и оставить это исключительной в компетенции рентгеновского техника, то, вероятнее всего, для получения более «строгих» рентгеновских проекций будет использована укладка, представленная на рисунке 2. Рентгеновская проекция «sunrise patella» не требует дополнительных технических приспособлений и приставок к рентгеновскому столу, но в данной проекции из-за большого угла сгибания надколенник центрируется очень дистально, фиксируясь в большей степени за счет костной формы трохлеарной борозды. Эта проекция позволяет хорошо визуализировать форму надколенника, его конфигурацию, но не динамическое центрирование в трохлеарной борозде. Еще в 1974 г. A. Merchant с соавторами [8] предложили авторскую методику выполнения аксиальной рентгенографии надколенника, позволяющую имитировать положение надколенника в его наиболее нестабильной позиции, в которой

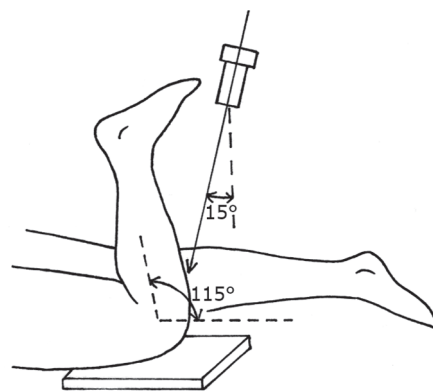
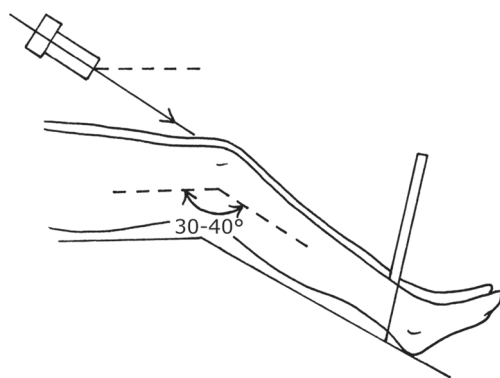


Рис. 2. Выполнение аксиальной рентгенографии надколенника в позиции «patella sunrise»

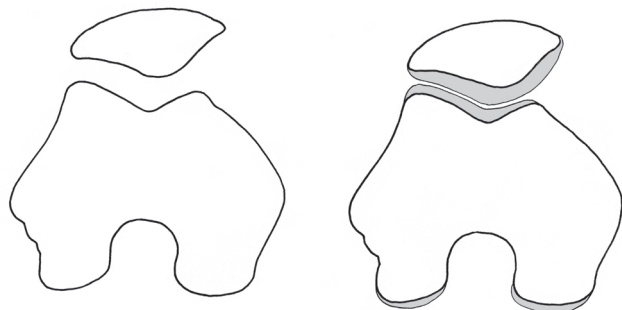
его фиксация осуществляется лишь за счет мягкотканых стабилизаторов, что как раз и позволяет оценить, имеется ли у пациента этот искомый «подвывих» (рис. 3). Кроме того, важно указать, что A. Merchant с соавторами рекомендовали данную рентгеновскую укладку именно для оценки конгруэнтности пателлофemorального сочленения, но не для диагностики артроза, как указывают авторы обсуждаемой статьи.



**Рис. 3.** Рентгеновская укладка по методике A. Merchant с соавторами [8]

Но даже если рентгенограммы выполнены корректно, то нельзя забывать о том, что костная и хрящевая анатомия надколенника не обязательно будут повторять друг друга, и на рентгенограммах будем выявлять его некорректное ротационное положение и активно лечить, в то время как показаний для этого нет (рис. 4).

Поэтому вполне можно допустить, что в проведенном авторами исследовании не у всех пациентов после выполненного остеосинтеза надколенника было нарушение его ротационного и фронтального позиционирования, которое требовало бы хирургической коррекции.



**Рис. 4.** Несоответствие костной и хрящевой форм надколенника (адаптировано из V. Sanchis-Alfonso «Anterior Knee Pain and Patellar Instability» [9])

### Подходы к выбору имплантата

Как указали авторы обсуждаемой нами статьи, «существует большое количество способов остеосинтеза с использованием канюлированных винтов, спиц Киршнера в сочетании с натягивающейся проволоочной петлей, биодеградирующих имплантов, компрессионных пластин и внеочагового остеосинтеза», и, безусловно, для различных клинических ситуаций нужны индивидуальные решения. Тем не менее, некоторые авторы отмечают, что выполнение остеосинтеза спицами Киршнера и натягивающейся петлей является хорошей операцией, но для простых переломов, при которых сохраняется большое количество интактной костной ткани, которая позволяет реализовать компрессирующие усилия проволоочной петли во время движений коленного сустава [4, 6]. Многооскольчатые переломы надколенника и переломы на фоне остеопороза нередко требуют иных хирургических опций, таких как пателлэктомия [5, 10], использование канюлированных винтов [1, 2], блокирующих наконечных пластин [2, 3] или иных фиксирующих устройств, способных обеспечить достаточную стабильность фиксации и предупреждать смещение отломков в послеоперационном периоде и развитие посттравматического пателлофemorального артроза в дальнейшем.

### Любое травматическое повреждение хрящевого покрова надколенника — это пателлофemorальный артроз?

Все ли структурные изменения в хрящевом покрове надколенника можно считать признаками деформирующего артроза? Авторы обсуждаемой статьи сообщают, что уже через год после операции у части пациентов, которым был выполнен остеосинтез надколенника, выявлены его признаки. Но гонартроз, как тотальный, так и монокомпартаментальный — это в первую очередь клинический диагноз, а в последнюю — рентгенологический. В рекомендациях Американского колледжа ревматологии, которые хотя и сформированы довольно давно, но являются достаточно цитируемым документом, прямо указывается, что о наличии деформирующего артроза можно говорить, во-первых, при наличии клинических признаков заболевания, то есть ограничения объема движений, утренней скованности, крепитации в суставе при движениях, а уже во вторых — при наличии рентгенологических изменений [11]. Причем эти изменения — наличие краевых остеофитов, но не сужение суставной щели, которое может быть рентгенологически выявлено и в абсолютно здоровом суставе [12]. Кроме этого, как известно, хрящ на суставной поверхности надколенника лишен

болевого рецепции [13], и даже при значимой степени его утраты, но интактной субхондральной кости, болевой синдром не будет беспокоить пациента. С.Е.Н. Scott с соавторами в своей достаточно известной работе акцентируют внимание именно на пателлофemorальном артрозе, который у большинства пациентов бывает бессимптомным. И даже напротив, пациенты, решение о выполнении тотального эндопротезирования у которых было принято лишь на основании выявленной рентгенологической картины гонартроза, зачастую не удовлетворены перенесенной операцией и вместо бессимптомного артроза получают болезненное протезированное колено [14].

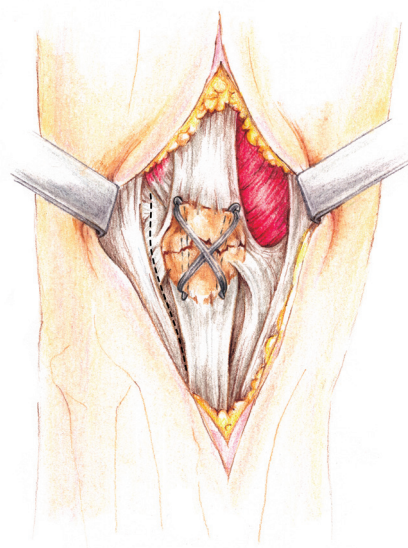
### *Латеральный мягкотканый релиз в аспекте соотношения пользы и вреда*

По нашему мнению, к тактике выполнения всем пациентам с переломом надколенника латерального релиза как облигатного элемента операции остеосинтеза, можно относиться как к рекомендации R. Brooke, рекомендовавшего пациентам с переломом надколенника удалять последний, считая его ненужным элементом скелета [15]. К сожалению, в доступной литературе не было найдено исследований со сходным дизайном, в которых бы оценивалось использование латерального релиза в ходе операции остеосинтеза. Но существует большое количество статей, в которых латеральный релиз оценивается в большом количестве иных клинических ситуаций.

Пик популярности латерального релиза пришелся на 80–90-е годы прошлого века, когда это вмешательство осуществлялось при любых проблемах в переднем отделе коленного сустава и воспринималось как универсальное и эффективное решение. Но уже в 1988 г. J.C. Hughston и M. Deese установили, что у большинства пациентов, которым была произведена данная процедура, развиваются выраженная медиальная нестабильность надколенника и необратимая атрофия широкой латеральной мышцы бедра, причем формирование данных грозных осложнений авторы связывали именно с недифференцированным подходом к отбору больных [16]. В последующем и другие исследователи многократно описывали парадоксальный эффект, заключающийся в том, что вместо улучшения состояния пациентов после выполнения латерального релиза функция коленного сустава значимо снижалась, и развитие ятрогенной медиальной нестабильности надколенника регистрировалось более чем у половины пациентов [18], а в некоторых исследованиях — до 89% [17]. Причем женский пол является одним из важных предикторов развития неудовлетворительного результата лечения [17].

Важно отметить еще один интересный феномен — положительный эффект латерального релиза резко ухудшается со временем, и 82% пациентов, которые были удовлетворены результатами перенесенного вмешательства в течение четырех лет после операции, превращаются в 29% [19]. Ряд исследователей дополнительно отмечают часто развивающиеся у пациентов с ятрогенной медиальной нестабильностью надколенника негативные психологические аспекты течения заболевания, включающие в себя ощущение тревоги, акцентуацию на болевом синдроме, страх движений в прооперированном коленном суставе [20].

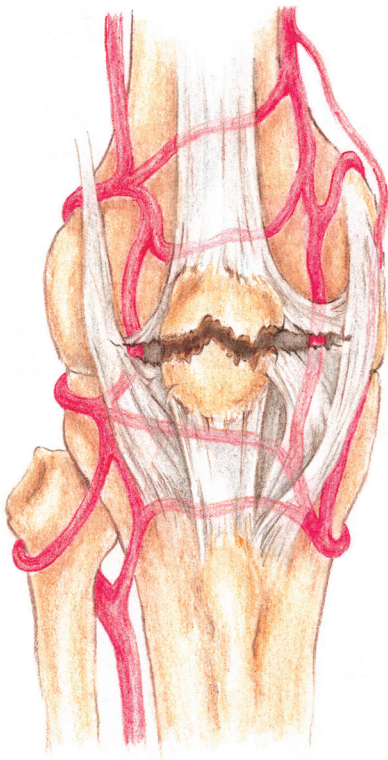
Если говорить о технических моментах, коллеги описывают применяемую в ходе обсуждаемого нами исследования методику выполнения латерального релиза, во время которого из отдельного поперечного доступа малоинвазивно производят рассечение всех латеральных стабилизирующих надколенник структур, оставляя, по сути, лишь синовиальную оболочку. Но какова целесообразность такой «малоинвазивности»? Ведь для выполнения открытой репозиции и фиксации костных отломков надколенника в любом случае необходимо отслоить мягкие ткани не только от кости, но и от окружающих тканей, что позволяет прекрасно визуализировать и латеральный ретинакулум (рис. 5).



**Рис. 5.** Вид операционной раны после выполненного остеосинтеза с разметкой для осуществления латерального релиза

Стоит сказать, что ряд других исследователей также делали попытки уменьшения степени травматичности выполняемого вмешательства при синдроме латеральной гиперпрессии, предлагая для этого артроскопические методики [17, 21, 22] либо как более органосохраняющий и в меньшей степени травмирующий вариант — пластическое удлинение латерального ретинакулюма [23].

Важно отметить, что выполнение латерального релиза надколенника в ситуации, когда произошел его перелом, может быть опасным еще с одной позиции. Перелом зачастую сопровождается поперечным полуциркулярным разрывом капсулы сустава. Как мы видим из нашего клинического опыта, зачастую этот разрыв распространяется до уровня коллатеральных связок с формированием признака, получившего в англоязычной литературе название «fish mouth» [6]. Повреждение мягких тканей при переломе надколенника может сопровождаться повреждением геникулярных артерий, что гипотетически может стать причиной аваскулярного некроза надколенника. Осуществление латерального релиза в этой ситуации, то есть формирование дополнительно к поперечному разрыву капсулы перпендикулярного ему линейного разреза, вполне может привести к данному грозному осложнению (рис. 6).



**Рис. 6.** Разрыв капсулы коленного сустава при переломе надколенника

Анализируя литературу по данному вопросу, можно наблюдать изменение парадигмы с «латеральный релиз — простая операция, эффективная при любых проблемах в переднем отделе колена» до «латеральный релиз — простая операция с гарантированными осложнениями, имеющая крайне узкие показания». Когда на смену обилию статей, в которых анализируется опыт выполнения латерального релиза в различных клинических ситуациях, приходит ещё большее количество исследований, оценивающих как бороться с его негативными последствиями [17, 18, 24, 25].

### Дальнейшие перспективы исследований

В заключение хотелось бы отметить, что данное исследование является крайне важным, потому что авторы обратили внимание на проблему неудовлетворительных результатов лечения надколенника, проанализировали результаты лечения своих пациентов, попытались найти решение важного клинического вопроса. Проведение последующих научных работ с поиском новых подходов к подбору фиксаторов и методик оперирования пациентов с переломами надколенника, отслеживание результатов лечения, в том числе среднесрочных и долгосрочных, позволит операции остеосинтеза надколенника стать эффективным и безопасным хирургическим вмешательством — операцией, которая не требует в ходе своего выполнения осуществления манипуляций с малой эффективностью и несущих потенциальные риски для пациента.

*Авторы выражают благодарность художнику Онюшкиной Ирине Викторовне за подготовку иллюстраций.*

### Литература [References]

1. Zderic I., Stoffel K., Sommer C., Höntzsch D., Gueorguiev B. Biomechanical evaluation of the tension band wiring principle. A comparison between two different techniques for transverse patella fracture fixation. *Injury*. 2017;48(8):1749-1757. doi: 10.1016/j.injury.2017.05.037.
2. Müller E.C., Frosch K.H. Fractures of the patella. *Chirurg*. 2019;90(3):243-254. doi: 10.1007/s00104-019-0797-4.
3. Jang J.H., Rhee S.J., Kim J.W. Hook plating in patella fractures. *Injury*. 2019;50(11):2084-2088. doi: 10.1016/j.injury.2019.08.018.
4. Schuett D.J., Hake M.E., Mauffrey C., Hammerberg E.M., Stahel P.F., Hak D.J. Current treatment strategies for patella fractures. *Orthopedics*. 2015;38(6):377-384. doi: 10.3928/01477447-20150603-05.
5. Galla M., Lobenhoffer P. Frakturen der patella. *Chirurg*. 2005;76(10):987-999. doi: 10.1007/s00104-005-1081-3.
6. Siljander M.P., Vara A.D., Koweiter D.M., Wiater B.P., Wiater P.J. Novel anterior plating technique for patella fracture fixation. *Orthopedics*. 2017;40(4):e739-743. doi: 10.3928/01477447-20170615-02.

7. Donell S.T., Glasgow M.M. The Radiologic Prevalence of Patellofemoral. *Osteoarthritis*. 2002;(402):206-212. doi: 10.1097/00003086-200209000-00020.
8. Merchant A.C., Mercer R.L., Jacobsen R.H., Cool C.R. Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56(7):1391-1396.
9. Anterior Knee Pain and Patellar Instability. V. Sanchis-Alfonso (ed.). London : Springer-Verlag London Limited; 2011. p. 9. doi: 10.1007/978-0-85729-507-1.
10. Kakazu R., Archdeacon M.T. Surgical Management of Patellar Fractures. *Orthop Clin North Am*. 2016;47(1):77-83. doi: 10.1016/j.ocl.2015.08.010
11. Altman R., Asch E., Bloch D., Bole G., Borenstein D., Brandt K. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis: Classification and reporting of osteoarthritis: Classification of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 1986;29(8):1039-1049. doi: 10.1002/art.1780290816.
12. Donell S.T. Radiological images are shadows of reality. *Bone Joint Res*. 2016;5(9):442-443. doi: 10.1302/2046-3758.59.2000656.
13. Dye S.F. Reflections on Patellofemoral Disorders. In: Patellofemoral Disorders: Diagnosis and Treatment. England ; Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons, 2004. pp. 1-18.
14. Scott C.E.H., Howie C.R., MacDonald D., Biant L.C. Predicting dissatisfaction following total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92-B(9):1253-1258. doi: 10.1302/0301-620X.92B9.24394.
15. Brooke R. The Effect of Removal of the Patella for Simple Transverse Fractures on the Function of the Knee-Joint. *J R Soc Med*. 1937;30(3):203-207.
16. Hughston J.C., Deese M. Medial subluxation of the patella as a complication of lateral retinacular release. *Am J Sports Med*. 1988;16(4):383-388. doi: 10.1177/036354658801600413.
17. Heyworth B.E., Carroll K.M., Dawson C.K., Gill T.J. Open lateral retinacular closure surgery for treatment of anterolateral knee pain and disability after arthroscopic lateral retinacular release. *Am J Sports Med*. 2012;40(2):376-382. doi: 10.1177/0363546511428600.
18. Song G.-Y., Hong L., Zhang H., Zhang J., Li Y., Feng H. Iatrogenic medial patellar instability following lateral retinacular release of the knee joint. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016;24(9):2825-2830. doi: 10.1007/s00167-015-3522-y.
19. Panni A.S., Tartarone M., Patricola A., Paxton EW., Fithian D.C. Long-term results of lateral retinacular release. *Arthroscopy*. 2005;21(5):526-531. doi: 10.1016/j.arthro.2005.01.007.
20. Sanchis-Alfonso V., Montesinos-Berry E., Monllau J.C., Merchant A.C. Results of isolated lateral retinacular reconstruction for iatrogenic medial patellar instability. *Arthroscopy*. 2015;31(3):422-427. doi: 10.1016/j.arthro.2014.09.005.
21. Chen J.-Bin, Chen D., Xiao Y.P., Chang J.Z., Li T. Efficacy and experience of arthroscopic lateral patella retinaculum releasing through/outside synovial membrane for the treatment of lateral patellar compression syndrome. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):1-7. doi: 10.1186/s12891-020-3130-y.
22. Elkousy H. Complications in brief: Arthroscopic lateral release. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(10):2949-2953. doi: 10.1007/s11999-012-2383-7.
23. Pagenstert G., Wolf N., Bachmann M., Gravius S., Barg A., Hintermann B. Open lateral patellar retinacular lengthening versus open retinacular release in lateral patellar hypercompression syndrome: A prospective double-blinded comparative study on complications and outcome. *Arthroscopy*. 2012;28(6):788-797. doi: 10.1016/j.arthro.2011.11.004.
24. Moatshe G., Cram T.R., Chahla J., Cinque M.E., Godin J.A., Laprade R.F. Medial patellar instability: Treatment and outcomes. *Orthop J Sport Med*. 2017;5(4):1-6. doi: 10.1177/2325967117699816.
25. Sanchis-Alfonso V., Merchant A.C. Iatrogenic medial patellar instability: An avoidable injury. *Arthroscopy*. 2015;31(8):1628-1632. doi: 10.1016/j.arthro.2015.01.028.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Чугаев Дмитрий Валерьевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>

## AUTHOR'S INFORMATION:

Dmitrii V. Chugaev — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-5088>

## Межзональное распределение нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе пациентов с ДЦП как объективный критерий тяжести функциональных нарушений

Л.М. Смирнова<sup>1,2</sup>, Э.И. Джомардлы<sup>1</sup>, А.А. Кольцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г. А. Альбрехта» Минтруда России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Основным направлением реабилитации детей с церебральным параличом (ДЦП) является сохранение и развитие имеющегося уровня опорно-двигательной функции, а также компенсация его нарушений за счет различных методов реабилитации. Для адекватного назначения и достоверной оценки эффективности этих мероприятий необходимо использовать объективные показатели функциональных нарушений, характерных для детского церебрального паралича. **Цель исследования** — обосновать объективные биомеханические показатели функциональных нарушений у детей с ДЦП на основе анализа межзонального распределения нагрузки на стопу при ходьбе с учетом уровня нарушений глобальных моторных функций. **Материал и методы.** Обследованы 47 детей с ДЦП с уровнями нарушения глобальных моторных функций по системе GMFCS 1–3, а также 14 детей контрольной группы без анатомо-функциональных признаков нарушения опорно-двигательной системы. Биомеханические обследования выполнены на программно-аппаратном комплексе «ДиаСлед-М-Скан» с матричными измерителями плантарного давления в форме стелек. Статистический анализ данных проведен с применением непараметрических методов с использованием программы SPSS for Windows. **Результаты.** Анализом анатомо-функциональных нарушений 94 стоп детей с ДЦП с высокой степенью статистической значимости ( $p$  от  $<0,001$  до  $0,003$ ) выявлены характерные при этой патологии отличия межзонального распределения нагрузки под стопами по сравнению с контрольной группой по шести переменным. Наиболее характерными оказались: увеличение носочно-пяточного соотношения нагрузки (в среднем на 80%), увеличение нагрузки на свод (на 49%), уменьшение медио-латерального соотношения нагрузки на носок (на 37%). У пациентов с уровнем GMFCS 1 значимым показателем нарушения оказалось увеличение парциальной нагрузки на область свода, при GMFCS 2 и 3 — снижение нагрузки на пятку и увеличение ее под носком, что приводит к увеличению носочно-пяточного соотношения нагрузки. Также наблюдалось снижение медио-латерального соотношения нагрузки в области носка. **Заключение.** Выявленные показатели нарушения переката через стопу целесообразно применять при функциональной диагностике состояния и оценке эффективности реабилитации детей с ДЦП.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, медицинская реабилитация, ходьба, биомеханика.

Смирнова Л.М., Джомардлы Э.И., Кольцов А.А. Межзональное распределение нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе пациентов с ДЦП как объективный критерий тяжести функциональных нарушений. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):80-92. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-80-92.

**Cite as:** Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A. [The Interzonal Distribution of the Load on the Plantar Surface of the Foot During Walking in the Patients with Cerebral Palsy as an Objective Criterion of Functional Impairment Severity]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):80-92. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-80-92.

Смирнова Людмила Михайловна / *Liudmila M. Smirnova*; e-mail: info@diaserv.ru

Рукопись поступила/Received: 05.02.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 04.06.2020.



# The Interzonal Distribution of the Load on the Plantar Surface of the Foot During Walking in the Patients with Cerebral Palsy as an Objective Criterion of Functional Impairment Severity

L.M. Smirnova<sup>1,2</sup>, E.I. Dzhomardly<sup>1</sup>, A.A. Koltsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russian Federation

## Abstract

**Relevance.** The main direction of rehabilitation of children with cerebral palsy is the preservation and enhancement of the existing level of support and locomotion, as well as compensation of its impairment through various methods of rehabilitation. For an adequate prescription and reliable assessment of these measures effectiveness, it is necessary to use objective indicators of functional impairment characteristic of cerebral palsy. **The purpose of this study** was to substantiate objective biomechanical indicators of functional impairment in children with cerebral palsy based on the analysis of the interzonal distribution of the load on the foot during walking, taking into account the level of global motor functions impairment. **Materials and Methods.** 47 children with cerebral palsy at the GMFCS levels of impairment 1 to 3 were examined. The control group consisted of 14 children without anatomical and functional signs of support and locomotion system impairment. Biomechanical examination was performed on the complex «DiaSled-M-Scan» with matrix plantar pressure meters in the form of insoles. The statistical analysis of the data was carried out by nonparametric methods using the SPSS for Widows software. **Results.** The analysis of the anatomical and functional impairment of 94 feet of the children with cerebral palsy and 28 feet of the control group revealed differences in the interzonal distribution of the load under the feet in six variables ( $p$  from  $<0.001$  to  $0.003$ ). The most typical were: an increase in the toe-to-heel load ratio (on average by 80%), an increase in the load on the arch (by 49%), and a decrease in the medio-lateral load ratio on the toe (by 37%). For GMFCS 1 patients, a significant indicator of impairment was an increase in the partial load on the arch, for GMFCS 2 and 3 patients — a decrease in the load on the heel and an increase it under the toe. This leads to an increase in the toe-to-heel load ratio. **Conclusion.** It is advisable to use the revealed indicators of roll-over-the-foot impairment in the functional diagnosis of the condition and in assessing the effectiveness of rehabilitation of children with cerebral palsy.

**Keywords:** cerebral palsy, medical rehabilitation, walking, biomechanics.

## Введение

Детский церебральный паралич (ДЦП) является наиболее часто встречающимся в практике ортопедии нейроортопедическим заболеванием. Такая ситуация обусловлена как высокой распространенностью заболевания (2,6–3,5 случаев на 1000 живорожденных детей) [1, 2], так и высокой частотой осложнений со стороны опорно-двигательного аппарата [3, 4], в первую очередь — стоп [5, 6, 7].

У подавляющего большинства детей с ДЦП наблюдаются спастические формы паралича [4, 8, 9], для которых характерно раннее проявление вышеупомянутых ортопедических осложнений и патологическое изменение стереотипа ходьбы [10, 11, 12].

Основным направлением реабилитации при ДЦП являются, как минимум, сохранение, а жела-

тельно — повышение имеющегося уровня функциональных возможностей ребенка. Почти за двухсотлетнюю историю изучения ДЦП разработан значительный арсенал методов лечения: медикаментозных, включая ботулинотерапию, хирургических, технических, реабилитационных [1, 13, 14, 15].

Для адекватного назначения и достоверной оценки эффективности лечебных мероприятий необходимо использовать обоснованные показатели функциональных нарушений, характерных для ДЦП. Объективность этих показателей может быть повышена использованием инструментальных методов диагностики, в частности — биомеханических компьютерных методов исследования ходьбы, одним из критериев качества которой является рациональность распределения нагрузки под стопой [10, 11].

Мы считаем, этот диагностический аспект применительно к детям с ДЦП в литературе освещен недостаточно. В связи с этим поиск валидных критериев оценки распределения нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе у детей с разными уровнями нарушения глобальных моторных функций при ДЦП является актуальной задачей.

**Цель исследования** — обосновать объективные биомеханические показатели функциональных нарушений у детей с ДЦП на основе анализа межзонального распределения нагрузки на стопу при ходьбе с учетом уровня нарушений глобальных моторных функций.

### Материал и методы

Проведено одномоментное экспериментально-аналитическое контролируемое количественное исследование «случай-контроль».

По результатам клинического осмотра сформированы следующие группы детей в возрасте от 5 лет (т.е. с уже сформировавшимся стереотипом ходьбы) до 16 лет включительно для последующего биомеханического обследования.

Группа 1 (контрольная) включала 14 детей без анатомо-функциональных признаков нарушения опорно-двигательной системы, обследованных во время профилактических осмотров в общеобразовательных учреждениях. Критерии исключения для этой группы — наличие клинических признаков деформации стопы или нарушений опорно-двигательной функции.

Группа 2 включала 47 пациентов со спастическими формами ДЦП, разделенных на три подгруппы в соответствии с уровнем нарушения глобальных моторных функций по классификации GMFCS [12], отражающим тяжесть заболевания:

- подгруппа 2.1 (GMFCS 1) — с первым уровнем нарушений (9 человек);
- подгруппа 2.2 (GMFCS 2) — со вторым (19 человек);
- подгруппа 2.3 (GMFCS 3) — с третьим (19 человек);

Пациенты проходили реабилитацию в ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России.

При формировании второй группы пациентов применялись следующие *критерии включения*: наличие подтвержденного диагноза «ДЦП, спастическая диплегия» либо «ДЦП, спастический тетрапарез».

*Критериями исключения* были: отсутствие возможности ходьбы без ортезов или аппаратов даже с использованием средств дополнительной опоры (костылей, тростей, ходунков) или с поддержкой со стороны других лиц; тяжелое когнитивное нарушение или эмоциональное состояние обследу-

емого, не позволяющее добиться с ним контакта для проведения биомеханического обследования; ботулинотерапия в анамнезе менее чем за 6 мес. до обследования; хирургическое лечение в анамнезе менее чем за 1 год до обследования.

Биомеханические обследования проводили с регистрацией и анализом распределения нагрузки под стопами (бароплантография) при ходьбе, используя программно-аппаратный медицинский комплекс «ДиаСлед-М-Скан» с матричными измерителями плантарного давления в форме стелек. При обследовании измерители вкладывали в специальную обувь, конструкция которых минимально влияла на функциональность стопы (гибкая подошва, мягкий верх, каблук 1,0–1,5 см).

Сформированная для статистического анализа база данных (БД) содержала 122 наблюдения: 28 стоп детей контрольной группы (группа 1) и 94 стопы пациентов (группа 2).

### Статистический анализ

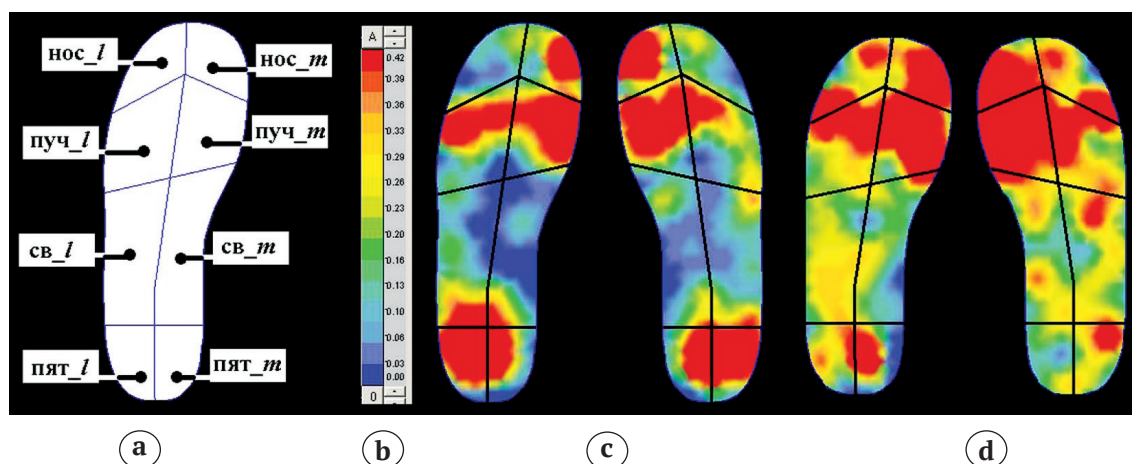
Статистический анализ данных выполнен с использованием программы SPSS for Windows. Применялись описательная статистика, тест Колмогорова–Смирнова с поправкой Lilliefors и Шапиро–Уилка с критическим уровнем значимости  $p = 0,05$ , непараметрические критерии Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни с критическим уровнем значимости  $p^* = 0,0125$ , рассчитанным в соответствии с количеством производимых сравнений групп переменных.

### Результаты

Было использовано условное деление площади плантарной поверхности стопы на зоны, соответствующие зонам матричного измерительного сенсора (стельки) в программном обеспечении ПАК «ДиаСлед-М-Скан», с использованием которого и выполнялись биомеханические обследования (рис. 1).

Нагрузка на область стопы определялась как сумма давления на все датчики измерителя в этой области, парциальная нагрузка на область стопы — как доля от нагрузки на всю стопу. Носочно-пяточное соотношение нагрузки рассчитывалось как частное от деления величины нагрузки на пятку к величине нагрузки на носок стопы. Медио-латеральное соотношение нагрузки в области стопы определялось как отношение нагрузки на медиальную половину области к нагрузке на латеральную половину.

При статистическом анализе наблюдений в качестве зависимых переменных были выбраны 11 бароплантографических параметров, характеризующих межзональное распределение нагрузки под стопой (табл. 1).



**Рис. 1.** Схема деления матричного измерительного сенсора на зоны (а), шкала давлений (b) и бароплантограммы стоп обследуемого контрольной группы (с) и ребенка с ДЦП (d). Обозначения: нос – носочная, пуч – пучковая, св – подсводная, пят – пяточная; *m* – медиальная, *l* – латеральная

**Fig. 1.** Diagram of dividing the matrix measuring sensor into zones (a); pressure scale (b); baroplantograms of a healthy child from the control group (c) and a child with cerebral palsy (d)

Таблица 1

**Исследуемые зависимые переменные**

№	Обозначение	Наименование
1	f_пят	Парциальная нагрузка на область пятки
2	f_св	Парциальная нагрузка на область свода
3	f_пуч	Парциальная нагрузка на область пучков
4	f_нос	Парциальная нагрузка на область носка
5	Кнос/пят	Носочно-пяточное соотношение нагрузки
6	Кп/з	Соотношение нагрузок на передний отдел стопы (зона пучков вместе с носком) и задний (пятка вместе с подсводным пространством)
7	Км/л_пят	Медио-латеральное соотношение нагрузки в области пятки
8	Км/л_св	Медио-латеральное соотношение нагрузки в области свода
9	Км/л_пуч	Медио-латеральное соотношение нагрузки в области пучков
10	Км/л_нос	Медио-латеральное соотношение нагрузки в области носка
11	Км/л	Медио-латеральное соотношение нагрузки на стопу

Результаты анализа данных с помощью теста Колмогорова–Смирнова с поправкой Lilliefors и Шапиро–Уилка показали, что тип распределения для некоторых зависимых переменных (в частности, Км/л\_пуч, Км/л и f\_пят) не соответствует закону нормального распределения. Об этом же свидетельствовала форма гистограмм и квантильных диаграмм для этих переменных. Это наблюдалось как для контрольной группы, так и, тем более, для всей совокупности детей с ДЦП. Еще большее ко-

личество переменных не соответствовало закону нормального распределения при оценке их отдельно для подгрупп пациентов, состояние которых соответствовало разному уровню нарушения глобальных моторных функций: GMFCS 1, GMFCS 2, GMFCS 3. В связи с этим для дальнейших статистических исследований переменных применялись непараметрические методы.

Для выявления характерных отличий зонального распределения нагрузки под стопами де-

тей с ДЦП по сравнению с контрольной группой был применен непараметрический критерий Манна–Уитни, результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что ходьба детей с ДЦП отличается от ходьбы детей контрольной группы по

шести переменным — показателям межзонального распределения нагрузки под стопой: *f\_пят*, *f\_св*, *f\_пуч*, *f\_нос*, *Кнос/пят*, *Км/л\_нос*. Для уточнения этих различий в таблице 3 указаны значения медианы и процентилей этих переменных в сравниваемых группах.

Таблица 2

**Результаты анализа переменных с применением критерия Манна–Уитни: статистическая значимость отличий контрольной группы и группы детей с ДЦП**

№	Переменные	Значения критерия Манна–Уитни	Уровень значимости различий (Asymp. Sig. (2-tailed))
1	<b>f_пят</b>	481	<b>0,000</b>
2	<b>f_св</b>	348	<b>0,000</b>
3	<b>f_пуч</b>	819	<b>0,003</b>
4	<b>f_нос</b>	834	<b>0,003</b>
5	<b>Кнос/пят</b>	544	<b>0,000</b>
6	Кп/з	1185	0,427
7	Км/л_пят	1276	0,808
8	Км/л_св	1138	0,278
9	Км/л_пуч	1048	0,103
10	<b>Км/л_нос</b>	779	<b>0,001</b>
11	Км/л	1200	0,480

Жирным шрифтом выделены переменные, по которым отмечались статистически значимые различия.

Таблица 3

**Основные характеристики переменных, по которым выявлено статистически значимое различие между контрольной группой и группой детей с ДЦП**

№	Переменные	Группы	Процентили			Ме (медиана)	Процентили		
			5	10	25		75	90	95
1	f_пят	Контрольная	17,67	19,19	22,54	28,02	31,80	34,58	35,63
		Пациенты с ДЦП	5,67	7,64	12,69	17,92	25,26	28,76	31,98
2	f_св	Контрольная	11,08	12,90	16,68	19,71	22,85	26,81	30,70
		Пациенты с ДЦП	17,84	20,41	24,87	29,34	34,44	41,13	44,04
3	f_пуч	Контрольная	27,53	30,65	34,93	38,47	43,10	47,59	48,08
		Пациенты с ДЦП	20,86	23,29	26,13	34,15	38,93	42,91	47,78
4	f_нос	Контрольная	4,68	5,26	9,81	14,11	18,08	23,34	24,17
		Пациенты с ДЦП	6,86	10,33	13,04	18,23	23,28	26,72	28,51
5	Кнос/пят	Контрольная	0,16	0,19	0,33	0,55	0,67	0,94	1,26
		Пациенты с ДЦП	0,27	0,39	0,62	0,99	1,73	3,20	4,70
6	Км/л_нос	Контрольная	0,99	1,47	1,96	2,92	3,93	4,24	5,36
		Пациенты ДЦП	0,78	0,99	1,31	1,83	2,66	4,55	5,67

Кроме того, рассчитано отличие медианных значений  $\Delta Me_i$  этих переменных для группы пациентов с ДЦП по сравнению с контрольной группой (табл. 4):

$$\Delta Me_i = 100\% (Me_{i_{п}} - Me_{i_{к}}) / (Me_{i_{к}}),$$

где  $Me_{i_{п}}$  — медиана  $i$ -й переменной в группе пациентов,  $Me_{i_{к}}$  — в контрольной группе.

Наглядное представление различий обследованных групп дает визуальное сопоставление медиан и квартилей переменных на квантильных диаграммах (рис. 2).

Таблица 4

Отличие медианных значений переменных в группе детей с ДЦП по сравнению с контрольной группой

№	Переменные, по которым выявлено статистически значимое различие		$\Delta Me, \%$
	обозначение	наименование	
1	f_пят	Парциальная нагрузка на область пятки	-36
2	f_св	Парциальная нагрузка на область свода	49
3	f_пуч	Парциальная нагрузка на область пучков	11
4	f_нос	Парциальная нагрузка на область носка	29
5	Кнос/пят	Носочно-пяточное соотношение нагрузки	80
6	Км/л_нос	Медио-латеральное соотношение нагрузки в области носка	37

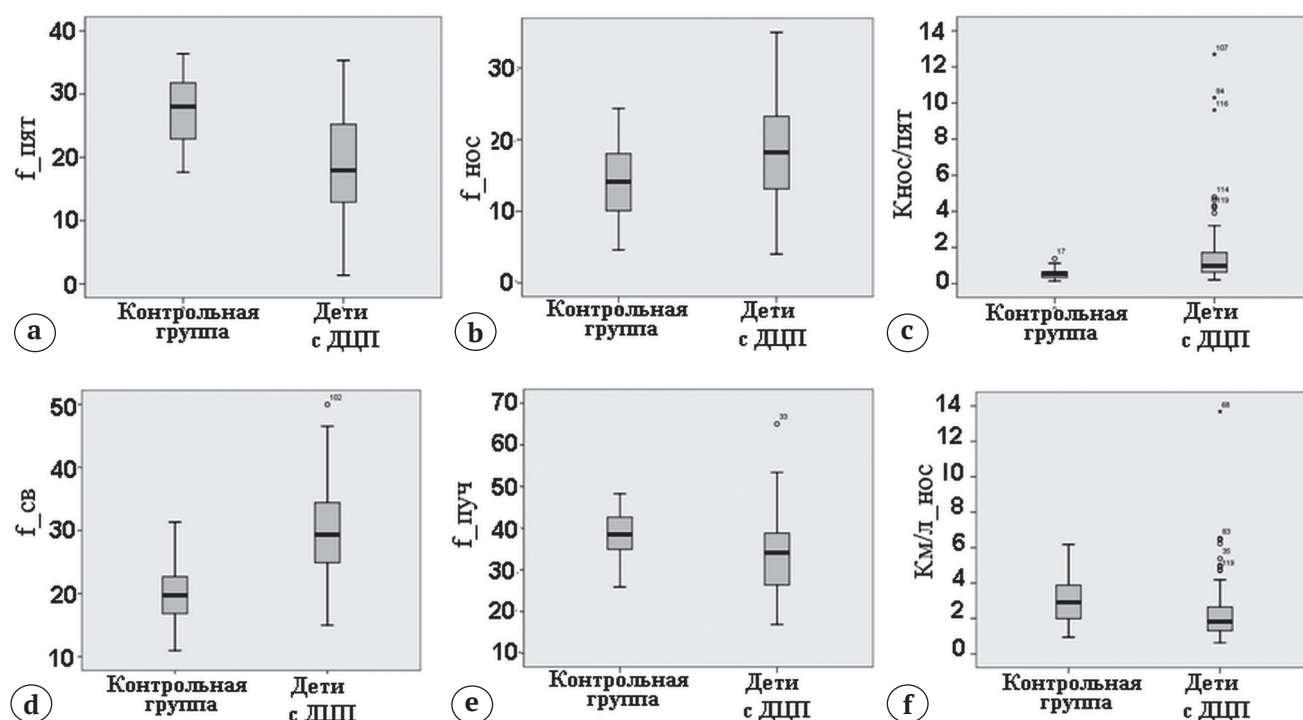


Рис. 2. Квантильные диаграммы переменных, по которым выявлено статистически значимое отличие переката через стопу детей с ДЦП по сравнению с контрольной группой: а — парциальная нагрузка на область пятки (f\_пят); б — парциальная нагрузка на область носка (f\_нос); с — носочно-пяточное соотношение нагрузки (Кнос/пят); д — парциальная нагрузка на область свода (f\_св); е — парциальная нагрузка на область пучков (f\_пуч); ф — медио-латеральное соотношение нагрузки в области носка (Км/л\_нос). Жирная линия — медиана; нижняя и верхняя границы бокса — 25-я и 75-я процентиля; концы усов — 10-я и 90-я процентиля

Fig. 2. The quantile diagrams of the variables, which revealed a statistically significant difference in the rolling-over-the-foot of children with cerebral palsy compared with the control group: а — partial load on the heel area (f\_пят); б — partial load on the toe area (f\_нос); с — toe-to-heel load ratio (Кнос/пят); д — partial load on the arch area (f\_св); е — partial load on the bundles area (f\_пуч); ф — medio-lateral load ratio in the toe area (Км/л\_нос). The bold line is the median; the lower and upper bounds of the box are the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles; whisker tips — 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles

Учитывая, что, несмотря на плано-вальгусную деформацию стопы у подавляющего количества пациентов с ДЦП, в исследуемой нами выборке наблюдались также варусная или эквино-варусная деформации стоп (в 9% наблюдений — 8 стоп), статистический расчет был проведен также после удаления из исходной БД восьми таких наблюдений. Однако результаты статистического расчета этой усеченной базы практически не изменились, по сравнению с исходной, и потому в статье не приводятся. В частности, перечень переменных, по которым были выявлены статистически значимые отличия от контрольной группы, остался прежним.

Обращает на себя внимание существенно больший разброс значений переменных в группе пациентов по сравнению с контрольной группы. Такая ситуация придавала актуальности поиску групповых различий этих переменных в зависимости от степени выраженности нарушения глобальных моторных функций.

Предварительно был применен непараметрический критерий Краскела – Уоллиса с группирующей переменной GMFCS (табл. 5).

Так как результаты теста Краскела – Уоллиса показали для многих зависимых переменных наличие статистически значимых различий между подгруппами пациентов, отличающихся наличием и степенью тяжести ДЦП, было принято решение о целесообразности проведения дальнейших

апостериорных парных сравнений подгрупп по этим переменным при помощи критерия Манна – Уитни с новым критическим уровнем значимости  $p^*$  с учетом количества производимых сравнений, чтобы избежать проблемы множественных сравнений и не принять решение о наличии различий там, где их на самом деле нет:

$$p^* = 1 - 0,95^{1/n},$$

где  $n$  — количество производимых сравнений.

При четырех группах критический уровень  $p^* = 1 - 0,95^{0,17} = 0,0085$ .

Статистическая значимость выявленных различий этим методом представлена в таблице 6.

Наглядное представление различий обследованных групп дает сопоставление медиан и квартилей переменных на квантильных диаграммах (рис. 3).

Следует отметить, что исключение из БД тех наблюдений, которые соответствуют эквино-варусным стопам, привело к значимым изменениям только одного из бароплантографических показателей — парциальной нагрузки на область продольного свода  $f_{св}$  (рис. 4). Такой результата указывает на целесообразность накопления и обработки большей БД с достаточным количеством наблюдений с варусной и эквино-варусной деформациями стопы для возможности статистического исследования характерного для них распределения нагрузки на стопы.

Таблица 5

**Результаты анализа переменных с применением критерия Краскела – Уоллиса: статистическая значимость наличия отличий между подгруппами детей с ДЦП с разной степенью нарушений по системе GMFCS**

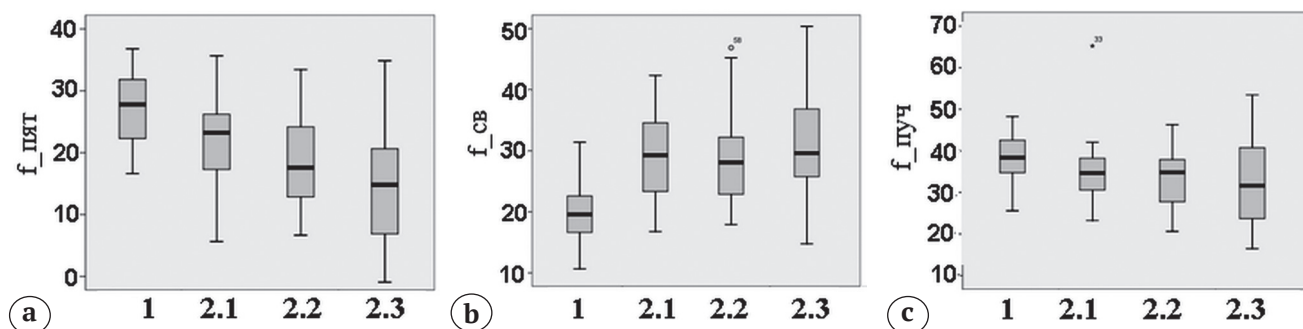
Статистические критерии	Переменные										
	f_пят	f_св	f_пуч	f_нос	Кнос/пят	Кп/з	Км/л_пят	Км/л_св	Км/л_пуч	Км/л_нос	Км/л
Chi-Square (хи-квадрат)	32,821	37,317	11,023	25,306	34,358	4,469	1,165	22,311	8,892	11,223	13,412
df (степень свободы)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asymp. Sig. (уровень стат. значимости)	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,215	0,761	0,000	0,031	0,011	0,004

Таблица 6

**Результаты анализа переменных с применением критерия Манна–Уитни (U): статистическая значимость отличий контрольной группы и подгрупп детей с ДЦП с разной степенью нарушений по системе GMFCS**

Группы сравнения	Статистики	Переменные								
		f_пят	f_св	f_пуч	f_нос	Кнос/пят	Км/л_св	Км/л_пуч	Км/л_нос	Км/л
Контрольная группа и GMFCS 1	U	152	66	145	230	184	137	233	180	152
	Asymp. Sig.	0,024	<b>0,000</b>	0,016	0,620	0,129	0,010	0,669	0,108	0,024
Контрольная группа и GMFCS 2	U	185	159	323	318	205	429	410	279	444
	Asymp. Sig.	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,010	<b>0,008</b>	<b>0,000</b>	0,238	0,152	<b>0,002</b>	0,330
Контрольная группа и GMFCS 3	U	144	123	351	242	154	342	367	319	403
	Asymp. Sig.	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,013	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,009	0,023	<b>0,004</b>	0,070
GMFCS 1 и GMFCS 2	U	233	291	329	161	185	124	226	324	155
	Asymp. Sig.	,074	0,451	0,943	<b>0,002</b>	<b>0,008</b>	<b>0,000</b>	0,056	0,872	<b>0,001</b>
GMFCS 1 и GMFCS 3	U	180	301	315	113	135	108	199	350	161
	Asymp. Sig.	<b>0,003</b>	0,391	0,537	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	0,009	0,986	<b>0,001</b>
GMFCS 2 и GMFCS 3	U	553	570	650	574	531	561	603	684	632
	Asymp. Sig.	0,080	0,117	0,457	0,125	0,048	0,095	0,218	0,701	0,355

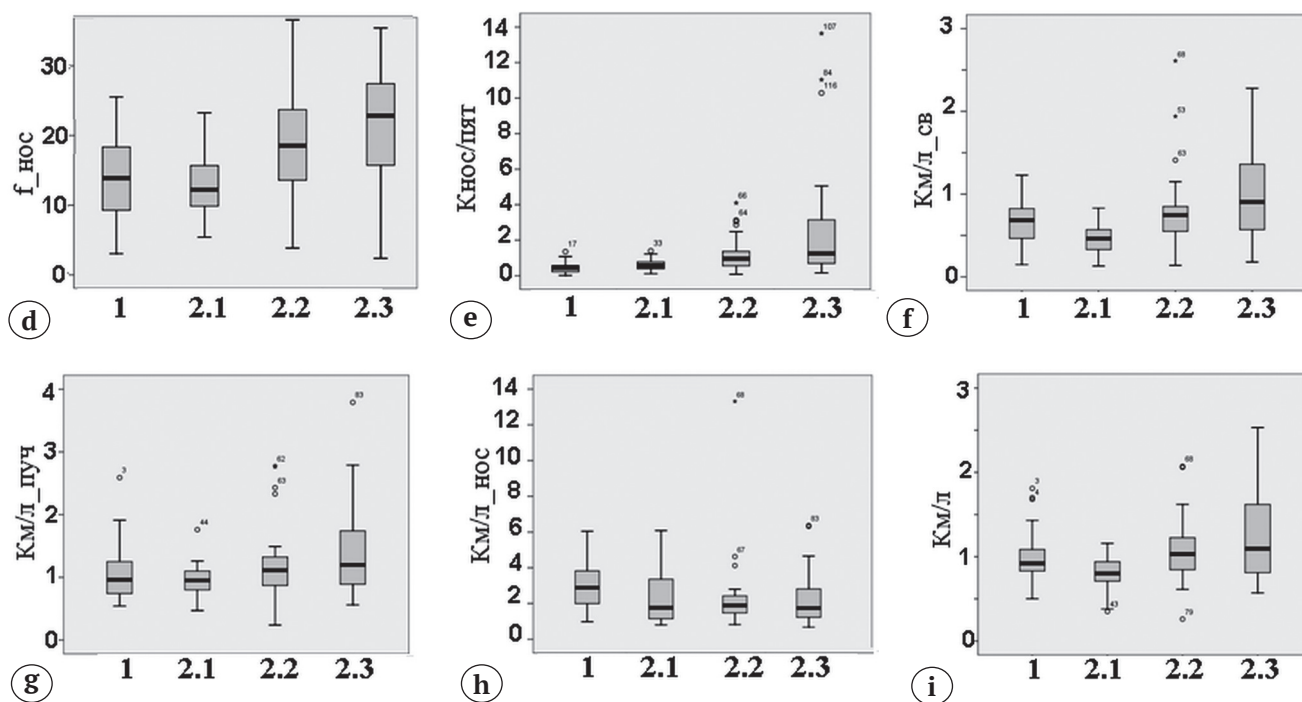
Жирным шрифтом выделены переменные, по которым отмечались статистически значимые различия.



**Рис. 3 (а, б, в).** Квантильные диаграммы переменных для контрольной группы и для группы детей с ДЦП с уровнями нарушения глобальных моторных функций GMFCS 1–3 (подгруппы 2.1, 2.2, 2.3): а – парциальная нагрузка на область пятки (f\_пят); б – парциальная нагрузка на область свода (f\_св); в – парциальная нагрузка на область пучков (f\_пуч).

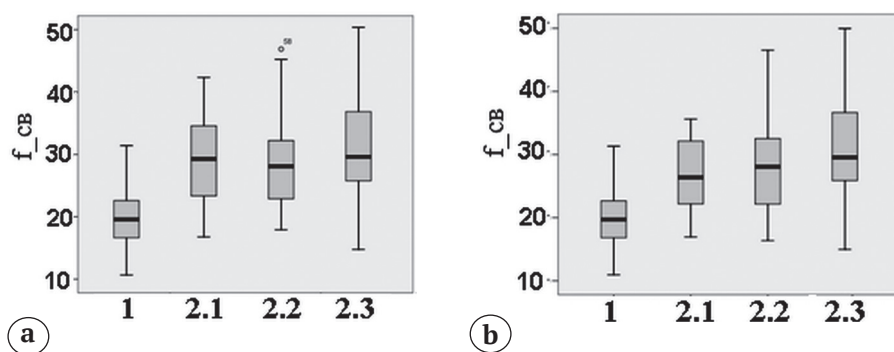
Жирная линия – медиана; нижняя и верхняя границы бокса – 25-я и 75-я процентиля; концы усов – 10-я и 90-я процентиля

**Fig. 3. (a, b, c).** The quantile diagrams of variables for the control group and for the GMFCS 1–3 cerebral palsy group (subgroups 2.1, 2.2, 2.3): a – partial load on the heel area (f\_пят); b – partial load on the arch area (f\_св); c – partial load on the bundles area (f\_пуч). The bold line is the median; the lower and upper bounds of the box are the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles; whisker tips – 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles



**Рис. 3 (d, e, f, g, h, i).** Квантильные диаграммы переменных для контрольной группы и для группы детей с ДЦП с уровнями нарушения глобальных моторных функций GMFCS 1–3 (подгруппы 2.1, 2.2, 2.3): d – парциальная нагрузка на область носка ( $f_{\text{нос}}$ ); e – носочно-пяточное соотношение нагрузки (Кнос/пят); f – медио-латеральное соотношение нагрузки в области свода (Км/л\_св); g – медио-латеральное соотношение нагрузки в области пучков (Км/л\_пуч); h – медио-латеральное соотношение нагрузки в области носка (Км/л\_нос); i – медио-латеральное соотношение нагрузки на стопу (Км/л). Жирная линия – медиана; нижняя и верхняя границы бокса – 25-я и 75-я процентиля; концы усов – 10-я и 90-я процентиля

**Fig. 3. (d, e, f, g, h, i).** The quantile diagrams of variables for the control group and for the GMFCS 1–3 cerebral palsy group (subgroups 2.1, 2.2, 2.3): d – partial load on the toe area ( $f_{\text{нос}}$ ); e – toe-to-heel load ratio (Кнос/пят); f – medio-lateral load ratio in the arch area (Км/л\_св); g – medio-lateral load ratio in the bundles area (Км/л\_пуч); h – medio-lateral load ratio in the toe area (Км/л\_нос); i – (Км/л) medio-lateral load ratio on the foot. The bold line is the median; the lower and upper bounds of the box are the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles; whisker tips – 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles



**Рис. 4.** Квантильные диаграммы переменной «парциальная нагрузка на область свода» ( $f_{\text{св}}$ ) для контрольной группы и для группы детей с ДЦП с уровнями нарушения глобальных моторных функций GMFCS 1–3 (подгруппы 2.1, 2.2, 2.3): a – до удаления из БД наблюдений с варусными и эквино-варусными стопами; b – после удаления

**Fig. 4.** The quantile diagrams of the variable “partial load on the arch area” ( $f_{\text{св}}$ ) for the control group and for the GMFCS 1–3 cerebral palsy group (subgroups 2.1, 2.2, 2.3): a – before deleting the cases with varus and equino-varus feet from the database; b – after deleting



## Обсуждение

В медицинской практике известны результаты клинических исследований, указывающие на патологические анатомо-функциональные изменения стоп вследствие ДЦП — часто наблюдаемое снижение высоты продольных сводов, пронация среднего отдела и вальгус заднего отдела стопы, вальгусная деформация первого пальца стопы. Значительно реже встречается при этом заболевании увеличение высоты продольных сводов, супинация среднего отдела и варус заднего отдела стопы [16]. Однако мы не нашли научных источников с подробным доказательным анализом взаимосвязи между тяжестью ДЦП, с одной стороны, и нарушением межзонального распределения нагрузки на плантарную поверхность стопы при ходьбе, с другой стороны.

Результаты анализа различий ходьбы больных детей и детей контрольной группы показали статистически значимые отличия по шести переменным:  $f_{\text{пят}}$ ,  $f_{\text{св}}$ ,  $f_{\text{пуч}}$ ,  $f_{\text{нос}}$ ,  $K_{\text{нос/пят}}$  (зависимая от  $f_{\text{пят}}$  и  $f_{\text{нос}}$ ), а также переменной  $K_{\text{м/л нос}}$  (см. табл. 2). У пациентов со статистически значимыми отличиями наблюдалось выраженное увеличение носочно-пяточного соотношения нагрузки на стопу —  $K_{\text{нос/пят}}$  (см. табл. 2 и 3). По мнению W. Chen с соавторами [17], этот параметр является полезным объективным количественным критерием оценки тяжести эквинусной деформации стопы. Превышение медианного значения для этой переменной в нашем исследовании составило 80% от значения в контрольной группе (см. табл. 4, рис. 2с), что было следствием уменьшения нагрузки на пятку —  $f_{\text{пят}}$  (на 36%) (см. табл. 4, рис. 2а) и увеличения ее на носок —  $f_{\text{нос}}$  (на 29%) (см. табл. 4, рис. 2б). Наши результаты не противоречат данным мировой литературы, согласно которой эквинусная деформация стоп у детей с ДЦП является наиболее распространенной [17, 18, 19, 20]. Часто родители описывают это состояние, характеризуя его как «ходьба на носочках». Аналогичное название нередко можно встретить и в иностранной научной литературе (tip-toeing gait, in-toeing gait) [21, 22, 23]. На наш взгляд, отмеченные термины наиболее удачно описывают распределение нагрузки на плантарную поверхность стопы в сагиттальной плоскости. В то же время, значимого отличия показателя соотношения нагрузок на передний отдел стопы (пучки вместе с носком) и задний (пятка вместе и подсводным пространством) —  $K_{\text{п/з}}$  не было выявлено (см. табл. 2), что можно объяснить одновременным противофазным увеличением нагрузки на область свода —  $f_{\text{св}}$  (см. рис. 2с) и уменьшением ее на пучки стопы —  $f_{\text{пуч}}$  (см. рис. 2е) у детей с ДЦП.

Также у пациентов с ДЦП отмечалось значительное увеличение нагрузки на свод —  $f_{\text{св}}$ , почти в полтора раза (на 49%), причинами которого мы считаем увеличение площади контакта стопы с опорой в этой области вследствие действия совокупности факторов: снижения высоты свода, связанного с развитием продольного плоскостопия, вальгусной установки стопы, снижения участия пятки в восприятии нагрузки на стопу. Наши предположения о причинах увеличения нагрузки на свод согласуются с клиническими наблюдениями ряда авторов. Так, например, J.P. Sees с соавторами [11] описывают плано-вальгусную деформацию как одну из наиболее частых патологий стопы у пациентов со спастической диплегией. Клинически эта деформация варьирует от легкой, когда имеет место незначительное снижение продольного свода, до тяжелой, когда нагрузка в среднем отделе стопы осуществляется практически на головку таранной кости. W. Chen с соавторами [17] утверждают, что ретракция трехглавой мышцы голени приводит к смещению нагрузки в направлении от заднего отдела стопы к переднему.

Нами также выявлено уменьшение на 37% медио-латерального соотношения нагрузки на носок —  $f_{\text{нос}}$  (см. табл. 4, рис. 2f), т.е. более выраженного нагружения латеральной половины носка. В то же время наблюдалось незначительное уменьшение нагрузки на область пучков —  $f_{\text{пуч}}$ , всего на 11% (см. табл. 4, рис. 2е).

Подобный комплекс нарушений может наблюдаться при косолапости, однако данный тип деформации стопы менее характерен для детей с ДЦП. Другой причиной, на наш взгляд, является такая распространенная для больных с ДЦП патологическая установка, как внутренняя ротация нижней конечности при передвижении, наблюдаемая как в фазе переноса, так и в фазе опоры. Такое положение конечности и стопы, в частности, в фазе заднего толчка приводит к повышенной нагрузке именно на латеральную часть носка. Как показали клинические наблюдения, именно такой стереотип переката через стопу характерен для значительного числа пациентов с ДЦП. Согласно данным мировой литературы, отмеченное состояние является одним из наиболее частых компонентов патологического паттерна ходьбы и в англоязычной литературе известно как «the foot progression angle (FPA)» [22, 23, 24].

В настоящее время нет согласованного представления относительно факторов, вызывающих внутреннюю ротацию стопы при ходьбе у детей с ДЦП. Например, одни авторы указывают на «статические» причины — антеверсия головки бедренной кости и торсия костей голени [23, 24, 25]. Другие исследователи считают, что более значимое влияние оказывают «динамические» при-

чины — нарушение тонуса мышц (спастичность, дистония, слабость), патология селективного моторного контроля и связанные с ним нарушения координированной работы мышц (паракинезия, некоординированность действий мышц агонистов и антагонистов) [24, 26, 27, 28]. Имеется и иное мнение о возможных факторах развития внутренней ротации стопы. Оно основано на том, что ахиллово сухожилие прикрепляется на 2,0 см кнутри от средней линии, и в результате его контракции пяточная кость смещается кнутри [21]. В то же время спастичная задняя большеберцовая мышца приводит передний отдел стопы (аддукция), вследствие чего развивается «функциональная косолапость».

Последовательность формирования характерных для ДЦП нарушений межзонального распределения нагрузки на стопы становится более понятной при рассмотрении отличий, характерных для групп пациентов с разной степенью нарушения глобальных моторных функций, отражающих тяжесть заболевания.

Как показали результаты анализа групповых различий (см. табл. 4), у пациентов группы GMFCS 1 статистически значимое отличие от контрольной группы наблюдалось только по одной переменной:  $f_{св}$  — увеличение парциальной нагрузки на область свода (см. рис. 2b). Мы расцениваем такой результат как одновременное действие двух факторов, влияющих на распределение нагрузки на стопу: снижение высоты продольного свода, вызывающее увеличение нагрузки на подсводную область, и снижение нагрузки на пятку вследствие эквинусной установки стопы.

У пациентов групп GMFCS 2 и GMFCS 3 статистически значимое отличие от контрольной группы наблюдалось уже по пяти переменным. У пациентов в этих группах сохраняется повышенная нагрузка на область свода, но еще более характерным признаком является нарушение распределения нагрузки в продольном направлении стопы: снижение нагрузки на пятку —  $f_{пят}$  (см. рис. 2a) и повышение ее под носком —  $f_{нос}$  (см. рис. 2d), что приводит к увеличению показателя носочно-пяточного соотношения нагрузки —  $Кнос/пят$  (см. рис. 2e). Кроме того, отмечается увеличение нагрузки на латеральную часть области носка, т.е. увеличение  $Км/л_{нос}$ , что мы связываем с патологической внутренней ротацией стопы в фазу заднего толчка.

Из квантильных диаграмм (см. рис. 2) видно, что по мере увеличения тяжести ДЦП наблюдается планомерное снижение нагрузки на пятку —  $f_{пят}$  (см. рис. 2a) и вследствие этого происходит увеличение носочно-пяточного соотношения нагрузки —  $Кнос/пят$  (см. рис. 2e). Для остальных

показателей не наблюдается столь выраженной тенденции их изменения по мере нарастания нарушений глобальных моторных функций пациента. Наши результаты согласуются с данными литературы, согласно которым с утяжелением двигательных нарушений отмечается нарастание количества деформаций со стороны опорно-двигательного аппарата [20, 28, 29, 30] и, как следствие, нарушение межзонального распределения нагрузки по плантарной поверхности стопы.

Характерные для детей с ДЦП увеличение носочно-пяточного соотношения нагрузки, увеличение нагрузки на свод и уменьшение медио-латерального соотношения нагрузки на носок видны и на примере бароплантограмм, представленных на рисунке 1.

Объективным методом выявлены статистически значимые различия показателей межзонального распределения нагрузки при ходьбе детей с разными уровнями нарушения глобальных моторных функций при ДЦП: по мере утяжеления нарушения глобальных моторных функций отмечалось увеличение этих различий как по количеству показателей, так и по степени их выраженности.

Наиболее чувствительным показателем нарушения межзонального распределения нагрузки на стопы, отражающим тяжесть функциональных нарушений, является увеличение носочно-пяточного соотношения нагрузки вследствие уменьшения ее на пятку и повышения на носок.

Выявленные показатели нарушения переката через стопу целесообразно применять как дополнительные при диагностике состояния пациентов с ДЦП и оценке эффективности их реабилитации.

Представленные выводы основаны на анализе данных, полученных при обследовании наиболее часто встречающихся у детей со спастическими формами ДЦП деформаций стоп — вальгусная, плано-вальгусная и эквино-плано-вальгусная. Поэтому выводы статьи следует с осторожностью применять при варусных и пяточных вариантах деформаций стоп.

#### Этика исследования

Исследования были одобрены этическим комитетом ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта и проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации. От всех обследованных было получено информированное согласие на участие в исследовании.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

**Вклад авторов**

**Смирнова Л.М.** — консультативная помощь при проведении инструментальных биомеханических обследований, статистическая обработка цифрового материала, написание текста статьи, этапное и заключительное редактирование статьи.

**Джомардлы Э.И.** — анализ литературы, проведение клинического осмотра и биомеханических обследований, формирование статистических форм, сбор и обработка материала, написание текста статьи, этапное и заключительное редактирование статьи.

**Кольцов А.А.** — концепция и дизайн исследования, этапное и заключительное редактирование статьи.

**Литература [References]**

- Valentina J., Davidson S.A., Bear N., Blair E., Paterson L., Ward R. et al. A prospective study investigating gross motor function of children with cerebral palsy and GMFCS level II after long-term botulinum toxin type A use. *BMC Pediatrics*. 2020;20(1):7. doi: 10.1186/s12887-019-1906-8.
- Collado-Garrido L., Paras-Bravo P., Calvo-Martin P., Santibanez-Marguello M. Impact of resistance therapy on motor function in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(22):e4513. doi: 10.3390/ijerph16224513.
- Domagalska-Szopa M., Szopa A. Gait pattern differences among children with bilateral cerebral palsy. *Front Neurol*. 2019;10(183):1-7. doi: 10.3389/fneur.2019.00183.
- Zhou J., Butler E.E., Rose J. Neurologic correlates of gait abnormalities in cerebral palsy: Implications for treatment. *Front Hum Neurosci*. 2017;11(103):1-20. doi: 10.3389/fnhum.2017.00103.
- Кенис В.М. Лечение динамических эквино-плановальгусных деформаций стоп у детей с ДЦП. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*. 2012;4(1):35-40. Kenis V.M. [Management of dynamic equinoplanovalgus feet deformities in children with cerebral palsy]. *Vestnik Severo-Zapadnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta im. I.I. Mechnikova* [Herald of North-Western State named after I.I. Mechnikov]. 2012;4(1):35-40. (In Russian).
- Galli M., Cimolin V., Pau M., Leban B., Brunner R., Albertini G. Foot pressure distribution in children with cerebral palsy while standing. *Res Dev Disabil*. 2015;41-42:52-57. doi: 10.1016/j.ridd.2015.05.006.
- Kedem P., Scher D.M. Foot deformities in children with cerebral palsy. *Curr Opin Pediatr*. 2015;27(1):67-74. doi: 10.1097/MOP.0000000000000180.
- Munger M.E., Chen B.P.J., MacWilliams B.A., McMulkin M.L., Schwartz M.H. Comparing the effects of two spasticity management strategies on the long-term outcomes of individuals with bilateral spastic cerebral palsy: A multicentre cohort study protocol. *BMJ Open*. 2019;9:e027486. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027486.
- Falisse A., Bar-On L., Desloovere K., Jonkers I., De Groote F. A spasticity model based on feedback from muscle force explains muscle activity during passive stretches and gait in children with cerebral palsy. *PLoS*. 2018;13(12):e0208811. doi: 10.1371/journal.pone.0208811.
- Armand S., Decoulon G., Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFFORT Open Rev*. 2016;1(12):448-460. doi: 10.1302/2058-5241.1.000052.
- Sees J.P., Miller F. Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy. *J Child Orthop*. 2013;7:373-377. doi: 10.1007/s11832-013-0509-4.
- Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., Russell D., Wood E., Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(4):214-223. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x.
- Wang K.K., Munger M.E., Chen B.P.-J., Novacheck T.F. Selective dorsal rhizotomy in ambulant children with cerebral palsy. *J Child Orthop*. 2018;12:413-427. doi: 10.1302/18632548.12.180123.
- Gulati S., Sondhi V. Cerebral Palsy: An Overview. *Indian J Pediatr*. 2018;85(11):1006-1016. doi: 10.1007/s12098-017-2475-1.
- Meyns P., Kerkum Y.L., Brehm M.A., Becher J.G., Buizer A.I., Harlaar J. Ankle foot orthoses in cerebral palsy: Effects of ankle stiffness on trunk kinematics, gait stability and energy cost of walking. *Eur J Paediatr Neurol*. 2020; 26: 68-74. doi: 10.1016/j.ejpn.2020.02.009.
- Смирнова Л.М., Джомардлы Э.И., Кольцов А.А., Объективные признаки деформаций стоп у детей со спастическими формами детского церебрального паралича: обоснование индивидуального подхода к обеспечению обувью. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):90-99. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-90-99. Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A. [Objective signs of foot deformities in children with spastic forms of cerebral paralysis: justification of individual approach to footwear support]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2019;25(3):90-99. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-90-99.
- Chen W., Liu X., Pu F., Yang Y., Wang L., Liu H., Fan Y. Conservative treatment for equinus deformity in children with cerebral palsy using an adjustable splint — assisted ankle-foot orthosis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(40):e8186. doi: 10.1097/MD.00000000000008186.
- Gendy S., Elgebeily M., El-Sobky T.A., Khoshhal K.I., Jawadi A.H. Current practice and preferences to management of equinus in children with cerebral palsy: A survey of orthopedic surgeons. *SICOT J*. 2019;5(3):1-8. doi: 10.1051/sicotj/2019003
- Park K.B., Joo S.Y., Park H., Rhee I., Shin J.K., Abdel-Baki S.W., Kim H.W. Architecture of the triceps surae muscles complex in patients with spastic hemiplegia: implication for the limited utility of the silfverskiold test. *J Clin Med*. 2019;(8):e2096. doi: 10.3390/jcm8122096
- Rethlefsen S.A., Blumstein G., Kay R.M., Dorey F., Wren T.A.L. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy revisited: influence of age, prior surgery, and gross motor function classification system level. *Dev Med Child Neurol*. 2017;59(1):79-88. doi: 10.1111/dmcn.13205.
- Park B.S., Chung C.Y., Park M.S., Lee K.M., Cho S.H., Sung K.H. Effects of soft tissue surgery on transverse kinematics in patients with cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):566. doi:10.1186/s12891-019-2955-8.
- Kim H.Y., Cha Y.H., Byun J.Y., Chun Y.S., Choy W.S. Changes in gait parameters after femoral derotational osteotomy in cerebral palsy patients with medial femoral

- torsion. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2018;27:194-199. doi: 10.1097/BPB.0000000000000467.
23. Saglam Y., Akalan N.E., Temelii Y., Kuchimov S. Femoral derotation osteotomy with multi-level soft tissue procedures in children with cerebral palsy: does it improve gait quality. *J Child Orthop*. 2016;10(1):41-48. doi: 10.1007/s11832-015-0706-4.
  24. Lee K.M., Chung C.Y., Sung K.H., Kim T.W., Lee S.Y., Park M.S. Femoral anterversion and torsion only explain 25% of variance in regression analysis of foot progression angle in children with diplegic cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil*. 2013;10:56. doi: 10.1186/1743-0003-10-56.
  25. Carty C.P., Walsh H.P.J., Gillett J.G., Phillips T., Edwards J.M., deLacy M., Boyd R.N. The effect of femoral derotation osteotomy on transverse plane hip and pelvic kinematics in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2014;40(3):333-340. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.05.06.
  26. Shuman B.R., Goudriaan M., Desloovere K., Schwatz M.H., Steele K.M. Muscle synergies demonstrate only minimal changes after treatment in cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil*. 2019;16(46):2-7. doi: 10.1186/s12984-019-0502-3.
  27. Barret R.S., Lichtwark G.A. Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: systematic review. *Development Medicine and Child Neurology*. 2010;52(9):794-804. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03686.x
  29. Choe YR, Kim JS, Kim KH, Yi TI. Relationship between functional level and muscle thickness in young children with cerebral palsy. *Ann Rehabil Med*. 2018;42(2):286-295. doi: 10.5535/arm.2018.42.2.286.
  29. Mutlu A., Pistav-Akmese P., Yardimci B.N., Ogretmen T. What do the relationships between functional classification systems of children with cerebral palsy tell us? *J Phys Sci*. 2016;28:3493-3498. doi: 10.1589/jpts.28.3493.
  30. Cobanoglu M., Cullu E., Omurlu I. The effect of hip reconstruction on gross motor function levels in children with cerebral palsy. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2018;52(1):44-48. doi: 10.1016/j.aott.2017.11.001.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Смирнова Людмила Михайловна* — д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела биомеханических исследований опорно-двигательной системы, ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России; профессор кафедры биотехнических систем, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-9342>

*Джомардлы Эльнур Исфандиярович* — врач травматолог-ортопед, аспирант, ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0281-3262>

*Кольцов Андрей Анатольевич* — канд. мед. наук, заведующий детским травматолого-ортопедическим отделением, ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>

#### AUTHORS' INFORMATION:

*Liudmila M. Smirnova* — Dr. Sci. (Tech.), Leading Researcher, Department of Biomechanical Researches of Musculoskeletal System, Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht; Professor of Biotechnical Systems Department, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-9342>

*Elnur I. Dzomardly* — Orthopedic Surgeon, PhD Student, Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0281-3262>

*Andrey A. Koltsov* — Cand. Sci. (Med.), Chief of Orthopedic Department for Children, Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>

## Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии

П.И. Бортулёв<sup>1</sup>, С.В. Виссарионов<sup>1,2</sup>, О.В. Бортулёва<sup>1</sup>, В.Е. Басков<sup>1</sup>, Д.Б. Барсуков<sup>1</sup>, И.Ю. Поздникин<sup>1</sup>, Т.В. Баскаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Частота дисплазии тазобедренного сустава не снижается и в различных странах мира колеблется от 2 до 50 и более случаев на 1000 новорожденных. Общепринятым стандартом лечения детей в возрасте до 1 года с дисплазией тазобедренного сустава является функциональный метод. В то же время количество пациентов с несвоевременно выявленной дисплазией тазобедренного сустава, а также с неудовлетворительным исходом функционального лечения, например, по методике А. Lorenz, остается на достаточно высоком уровне. В связи с этим остается актуальным использование корригирующих хирургических вмешательств. **Цель исследования** — оценка среднесрочных результатов лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии по разработанному алгоритму восстановительного лечения на основании данных о функциональном состоянии тазобедренного сустава. **Материал и методы.** Проспективное исследование основано на результатах комплексного обследования 41 пациента (48 тазобедренных суставов) с диспластическим коксартрозом I–IIa стадии, получавших хирургическое и восстановительное лечение по разработанному алгоритму в период с 2016 по 2018 г. Для сравнения полученных результатов нами проведен ретроспективный анализ данных историй болезни 32 пациентов (39 тазобедренных суставов), получавших аналогичное хирургическое лечение, но «общепринятое» реабилитационное лечение. Всем пациентам проводился клинический осмотр с обязательной оценкой актов шага, определением выносливости околоуставных мышц и заполнения специализированных анкет-опросников. Лучевые методы исследования включали в себя рентгенографию и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) тазобедренных суставов. Для получения максимально объективной информации о функциональном состоянии тазобедренного сустава и нижних конечностей использовали электрофизиологическое (ЭМГ) и биомеханическое (стабилометрия) исследования. **Результаты.** Клинико-функциональные результаты оценивались не ранее чем через 24 мес. после проведенного лечения. У пациентов, получавших восстановительное лечение по разработанному алгоритму, значительно ( $p < 0,05$ ) увеличилась сила и выносливость мышц области тазобедренного сустава, а также их показатели электрогенеза, чего не наблюдалось у пациентов, получавших восстановительное лечение по общепринятой схеме. **Заключение.** Анализ среднесрочных результатов комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии, включающий хирургическое лечение с использованием стабильной фиксации и разработанную методику восстановительной терапии, приводит к значительному ( $p < 0,05$ ) улучшению статико-динамической функции нижних конечностей, что подтверждается данными клинического, лучевого, электрофизиологического и биомеханического обследования, а также специализированных шкал, учитывающих функцию тазобедренного сустава, качество жизни и социальную адаптацию пациента.

**Ключевые слова:** дети, дисплазия, коксартроз, тройная остеотомия таза, восстановительное лечение.

Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Бортулёва О.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Баскаева Т.В. Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):93-105. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-93-105.

**Cite as:** Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Bortuleva O.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Baskaeva T.V. [The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I-II Stage Dysplastic Osteoarthritis]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):93-105. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-93-105.

✉ Бортулёв Павел Игоревич / Pavel I. Bortulev; e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 14.05.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 15.06.2020.

## The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I-II Stage Dysplastic Osteoarthritis

P.I. Bortulev<sup>1</sup>, S.V. Vissarionov<sup>1,2</sup>, O.V. Bortuleva<sup>1</sup>, V.E. Baskov<sup>1</sup>, D.B. Barsukov<sup>1</sup>, I.Yu. Pozdnykin<sup>1</sup>, T.V. Baskaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** The frequency of hip dysplasia does not decrease and in different countries of the world ranges from 2 to 50 or more per 1000 newborns. The generally accepted standard for the treatment of children under 1 year of age with hip dysplasia is the functional method. At the same time, the number of patients with untimely revealed hip dysplasia, as well as with an unsatisfactory outcome of functional treatment, for example, according to the A. Lorenz technique, remains at a fairly high level. In this regard, the use of corrective surgical interventions remains relevant. **The purpose of this study** was to evaluate the medium-term results of the treatment of children with I–II stage dysplastic coxarthrosis using the authors' rehabilitation algorithm based on the functional state of the hip. **Materials and Methods.** The study was based on the results of a comprehensive examination of 41 patients (48 hip joints) with stage I–IIa dysplastic coxarthrosis undergone the surgery and rehabilitation according to the authors' algorithm in the period from 2016 to 2018. To compare the obtained results, we performed a retrospective analysis of the clinical records of 32 patients (39 hip joints) undergone the similar surgery, although with the routine rehabilitation. All patients underwent a clinical examination with a mandatory assessment of step cycle, periarticular muscles endurance, and filling out specialized questionnaires. Radiological evaluation included hip X-ray and multi-spiral computed tomography. To obtain the most objective information of the hip functional state and lower extremities, we used electrophysiological (EMG) and biomechanics (stabilometry) studies. **Results.** Clinical and functional results were evaluated no earlier than 24 months after the treatment. The patients undergone rehabilitation according to the authors' algorithm demonstrated the significant ( $p < 0.05$ ) increase in the strength and endurance of their hip area muscles, as well as in their electromyographic indicators, resulting in the improvement of their clinical and biomechanical parameters. This did not observed in the patients undergone the routine rehabilitation. **Conclusion.** The analysis of the medium-term results of the complex treatment of children with stage I–II dysplastic coxarthrosis, including surgical stable fixation and the authors' rehabilitation method, led to a significant ( $p < 0.05$ ) improvement in the static-dynamic function of the lower extremities. This was confirmed by the results of clinical, electrophysiological, biomechanical evaluation, as well as by the employment of specialized scales that took into account the hip function, quality of life, and social adaptation of the patient.

**Keywords:** children, dysplasia, coxarthrosis, triple pelvic osteotomy, rehabilitation.

### Введение

Частота встречаемости дисплазии тазобедренных суставов в различных странах мира колеблется от 2 до 50 и более случаев на 1000 новорожденных [1, 2, 3]. Общепринятым стандартом лечения детей в возрасте до одного года с диспластической нестабильностью тазобедренного сустава является функциональный метод, эффективность которого доказана в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов [4, 5, 6]. Однако количество пациентов с несвоевременно выявленной дисплазией тазобедренного сустава, а также применяемым лечением по методике A. Lorenz остается на достаточно высоком уровне [7]. Отсутствие концентрического вправления головки бедренной кости в вертлужную впадину и возникновение вторичных деформаций проксимального отдела бедренной кости вследствие

перенесенного пострепозиционного ишемического некроза головки бедренной кости различной степени тяжести приводит к формированию остаточных подвывихов, которые уже в подростковом возрасте создают предпосылки к формированию и прогрессированию коксартроза [6, 8, 9]. Многочисленными исследованиями доказано, что максимальным корригирующим потенциалом в лечении пациентов с этим заболеванием обладают реориентирующие остеотомии таза, так как в результате хирургического вмешательства изменяется пространственное положение диспластичной вертлужной впадины с обеспечением оптимальной площади контакта хрящевых моделей тазового и бедренного компонентов сустава [10, 11, 12, 13, 14].

Несомненно, одним из немаловажных аспектов эффективности хирургического вмешательства является выбор варианта остеосинтеза. В настоящее время для выполнения стабильного остеосинтеза используются спонгиозные винты и пластины LCP Pediatric Hip Plate, обладающие угловой стабильностью благодаря наличию резьбового соединения между пластиной и винтом, а также ограниченным контактом с надкостницей, что является профилактикой нарушения внутрикостного кровообращения [15, 16].

Кроме того, неотъемлемой частью лечения является полноценная восстановительная терапия, отсутствие которой может снизить или полностью нивелировать положительный эффект хирургического вмешательства. Существуют единичные публикации, касающиеся реабилитации взрослых после периацетабулярной и тройной остеотомии таза [17, 18]. Исследования, посвященные восстановительному лечению детей после операций на тазобедренном суставе, носят единичный характер и касаются в основном вопросов длительной постиммобилизационной реабилитации [19]. Вопросы возможности начала раннего восстановительного лечения в условиях стабильного остеосинтеза пластиной с угловой стабильностью при отсутствии гипсовой иммобилизации носят единичный характер и касаются реабилитации детей дошкольного возраста [20]. Кроме того, на сегодняшний день отсутствует единый взгляд на необходимый комплекс упражнений для достижения максимально возможного терапевтического эффекта от проводимого лечения.

**Цель исследования** — оценить среднесрочные результаты лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии по разработанному алгоритму восстановительного лечения на основании данных о функциональном состоянии тазобедренного сустава.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Моноцентровое когортное ретроспективно-проспективное сравнительное контролируемое.

**Критерии включения** пациентов в исследование:

- возраст от 13 до 18 лет;
- наличие клиничко-рентгенологических признаков диспластического коксартроза I–IIa стадии по классификации диспластического коксартроза у детей и подростков, разработанной в НИДОИ им. Г.И. Турнера [21] и I типа по J.F. Crowe;
- отсутствие ранее проведенных хирургических вмешательств на тазобедренных суставах;
- отсутствие неврологических, системных и генетических заболеваний;
- согласие пациента или его законного представителя на участие в исследовании.

**Критерии исключения** пациентов из исследования:

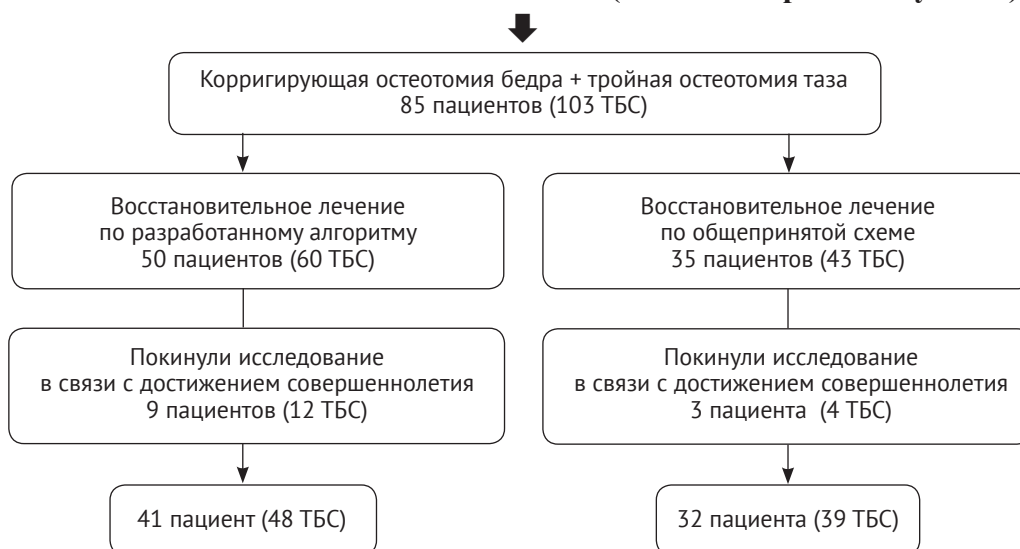
- возраст младше 13 лет и старше 18 лет;
- наличие клиничко-рентгенологических признаков диспластического коксартроза IIb–III стадий по классификации диспластического коксартроза у детей и подростков, разработанной в НИДОИ им. Г.И. Турнера и II–IV типа по J.F. Crowe;
- наличие в анамнезе хирургических вмешательств на тазобедренном суставе;
- наличие неврологических, системных и генетических заболеваний;
- отказ от заполнения информированного согласия для принятия участия в исследовании.

В настоящее исследование включено 50 пациентов (60 тазобедренных суставов) в возрасте от 13 до 18 лет ( $15,1 \pm 1,8$  лет), которые получали лечение в клинике института в период с 2016 по 2018 г. В качестве группы сравнения ретроспективно проанализированы истории болезни 35 пациентов (43 тазобедренных сустава), идентичных по возрасту и характеру патологии, получавших лечение в клинике института с 2014 по 2015 г. с последующим динамическим наблюдением в амбулаторно-поликлинических условиях.

Проведен анализ результатов лечения в срок наблюдения не менее 24 мес. у 41 пациента (48 тазобедренных суставов) основной и у 32 пациентов (39 тазобедренных суставов) контрольной группы, что составило 82% и 91% соответственно. Часть пациентов покинули исследование в связи с достижением совершеннолетия и переходом под наблюдение врачей травматологов-ортопедов во взрослой поликлинической сети (рис. 1).

Для рентгенологической характеристики основного заболевания мы использовали две классификации:

- классификация диспластического коксартроза у детей и подростков, разработанная в НИДОИ им. Г.И. Турнера, в которой II стадия имеет разделение на две подстадии: а — при которой дегенеративные изменения имеют положительную динамику вплоть до их полного регресса после проведенной реконструктивно-пластической операции, б — при которой отмечается лишь временная стабилизация патологического процесса, а сама операция является своего рода подготовкой к предстоящей тотальной артропластике в виде создания массива нативной костной ткани для успешной имплантации вертлужного компонента эндопротеза;
- общепринятая классификация диспластического коксартроза J.F. Crowe. При I типе в ходе проведения хирургического лечения отсутствует необходимость в выполнении артротомии.

**Включено в исследование 85 пациентов (103 тазобедренных сустава)****Рис. 1.** Блок-схема дизайна исследования**Рис. 1.** Study design flowchart*Характеристика пациентов и методов лечения*

Из 41 пациента (48 тазобедренных суставов) основной группы у 34 (83%) отмечалось одностороннее поражение. Из них: у 23 (67,6%) — I стадия дегенеративного процесса, а у 11 (32,4%) — IIa стадия. У семи (17%) пациентов отмечалось двустороннее поражение: у четырех (57,1%) были признаки I стадии, у трех (42,9%) — IIa стадия. В группе сравнения у 25 пациентов (78,1%) диагностирован односторонний коксартроз, в структуре которого I стадия была у 17 пациентов (68%), а IIa — у 8 (32%). У семи пациентов (21,9%) были поражения обоих тазобедренных суставов. У пяти (71,4%) имела место I стадия, а у двух (28,6%) — IIa.

Осмотр пациентов проводился по общепринятой методике с обязательной визуальной оценкой выполнения всех актов шага, проведением тестов на определение выносливости мышц области тазобедренного сустава, специфических импинджмент-тестов (FADIR, FABER) и заполнения анкет опросников Harris Hip Score, VAS и качества жизни подростка, которая разработана в НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера. Лучевые методы исследования включали рентгенографию в передне-задней и аксиальной проекциях, а также с функциональным положением нижней конечности (в зависимости от наличия угловой и торсионной деформации проксимального отдела бедренной кости) и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ). Для оценки функционального состояния мышц нижних конечностей и особенностей распределения

статической нагрузки на нижние конечности проводили электрофизиологическое (ЭМГ) и биомеханическое (стабилометрия) исследования.

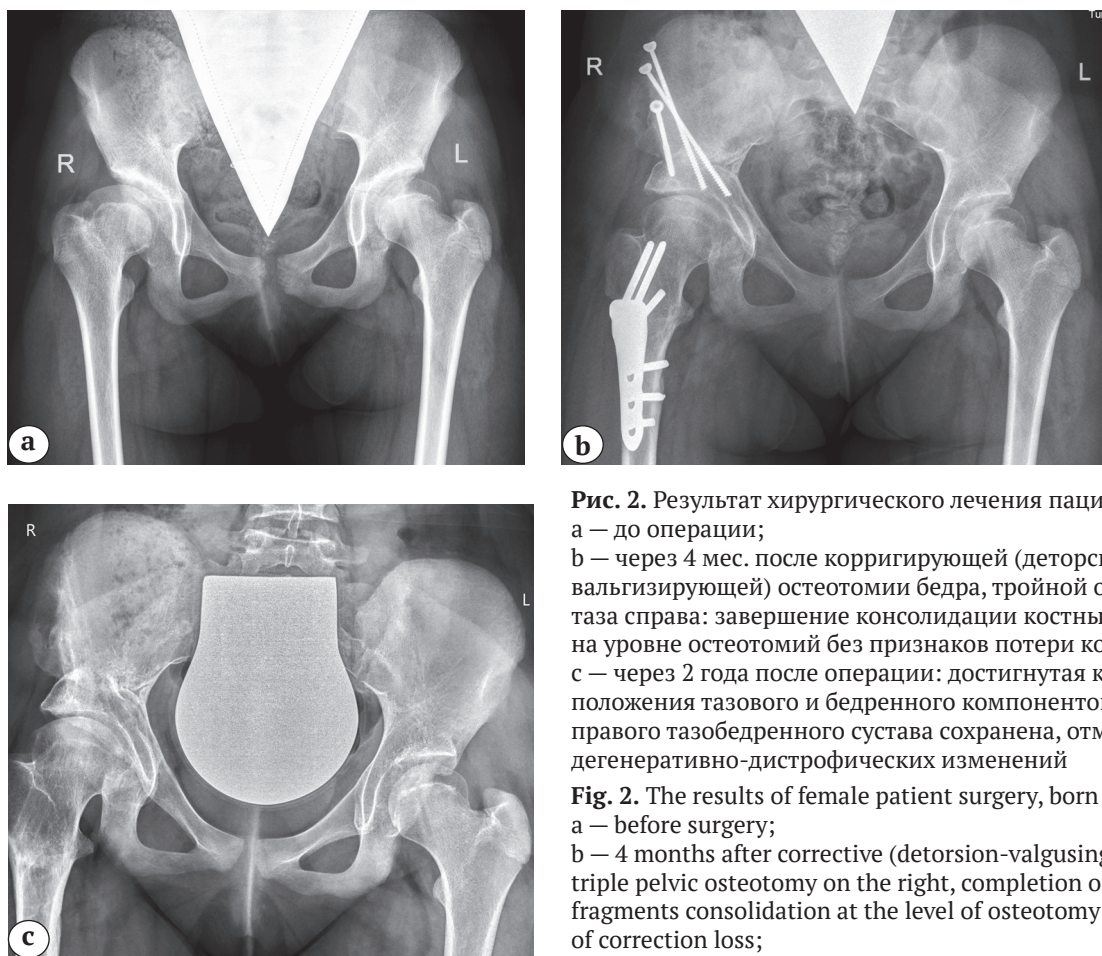
Пациентам обеих групп с целью восстановления анатомических соотношений и достижения стабильности тазобедренных суставов выполняли тройную остеотомию таза в сочетании с корректирующей остеотомией бедренной кости в зависимости от угловых величин проксимального отдела бедренной кости [22]. У пациентов обеих групп в качестве конструкций для осуществления остеосинтеза подвздошной и бедренной костей использовали спонгиозные винты и пластины с угловой стабильностью LCP соответственно (рис. 2).

Обеспечение компрессии на уровне фрагментов подвздошной кости и угловой стабильности на уровне проксимальной остеотомии бедренной кости позволило отказаться от гипсовой иммобилизации и начать раннее восстановительное лечение.

Пациенты группы сравнения получали восстановительное лечение по общепринятой схеме, то есть пассивные движения в оперированном суставе с помощью аппарата «Артромот К1» начинали выполнять с третьих суток послеоперационного периода, активные — с 10-х суток. Дальнейшие реабилитационные мероприятия осуществлялись в амбулаторно-поликлинических условиях или в реабилитационных центрах по месту жительства.

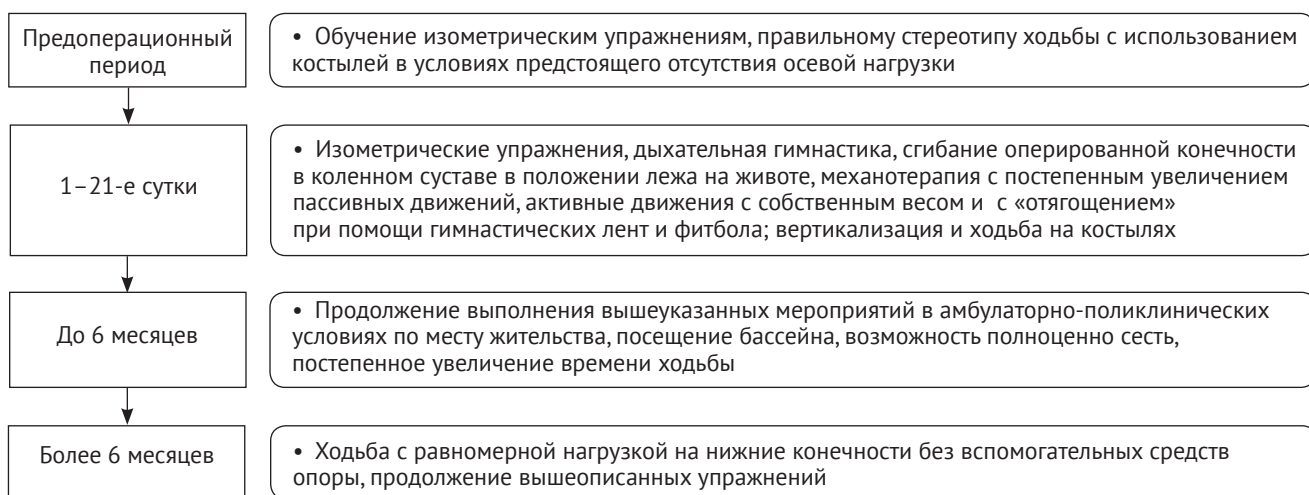
В основной группе восстановительное лечение проводили согласно разработанному алгоритму, основные положения которого представлены на рисунке 3.





**Рис. 2.** Результат хирургического лечения пациентки 2001 г. р.:  
 а — до операции;  
 б — через 4 мес. после корригирующей (деторсионно-вальгизирующей) остеотомии бедра, тройной остеотомии таза справа: завершение консолидации костных фрагментов на уровне остеотомий без признаков потери коррекции;  
 с — через 2 года после операции: достигнутая коррекция положения тазового и бедренного компонентов и стабильность правого тазобедренного сустава сохранена, отмечается регресс дегенеративно-дистрофических изменений

**Fig. 2.** The results of female patient surgery, born in 2001:  
 a — before surgery;  
 b — 4 months after corrective (detorsion-valgusing) femur osteotomy, triple pelvic osteotomy on the right, completion of the bone fragments consolidation at the level of osteotomy without signs of correction loss;  
 c — 2 years after the surgery, the achieved correction of the pelvic and femoral components position and the right hip stability have been preserved; the regress of degenerative-dystrophic changes is noted



**Рис. 3.** Алгоритм восстановительного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии после реконструктивных операций

**Fig. 3.** Rehabilitation algorithm of children with I–II stage dysplastic coxarthrosis after reconstructive surgery

Основополагающим является второй этап восстановительного лечения, который начинается еще в палате интенсивной терапии. Со второго дня в условиях пролонгированной эпидуральной анестезии пациенты начинали выполнять изометрические упражнения, направленные на улучшение тонуса мышц оперированной конечности с включением мышечного насоса. Кроме того, осуществляли сгибание в коленном суставе оперированной конечности в положении пациента лежа на животе с целью растяжения мышц передней и задней поверхности бедра. С третьих суток начинали проводить механотерапию на аппарате «Артромат К1». С четвертых суток пациенты начинали выполнять активные движения в оперированном тазобедренном суставе с постепенным увеличением амплитуды. На 7–8-е сутки после купирования болевого синдрома и уменьшения отека в области послеоперационной раны пациентов вертикализировали и обучали ходьбе при помощи костылей с имитацией всех актов шага в условиях полного отсутствия опоры на ногу. С 10-х суток пациенты выполняли активные упражнения с отягощением (гимнастическая лента, фитбол) в положении лежа и стоя.

После выписки из стационара пациенты продолжали занятия лечебной физкультурой согласно разработанной программе, направленной на увеличение амплитуды движений в оперированном суставе, силы и выносливости основных мышц области тазобедренного сустава, восстановление корректного стереотипа походки, а также освоение навыков самообслуживания в повседневной жизни. Через 6 мес. после тройной остеотомии таза пациентам разрешали ходить с равномерной нагрузкой на нижние конечности без вспомогательных средств опоры, посещать бассейн, а также заниматься на велотренажере.

Основные критерии оценки результатов лечения:

- стереотип походки (корректность соблюдения актов шага);
- гониометрия;
- положительные/отрицательные импинджмент-тесты с определением болевых ощущений по VAS;
- выносливость мышц области тазобедренных суставов в сек. (время удержания нижней конечности в нейтральной позиции поочередно в положении лежа на спине и на противоположном боку). В качестве нормативного показателя использовались данные аналогичного теста на здоровой нижней конечности, средние значения которых составили 30,5±6,4 и 35,7±6,3 сек. соответственно;
- количество баллов по функциональным шкалам;

- основные рентгенометрические индексы тазобедренного сустава (угол Sharp, Wiberg, шеечно-диафизарный угол (ШДУ), угол антеверсии проксимального отдела бедра, степень костного покрытия (СКП));

- динамика течения дегенеративно-дистрофических процессов (по данным рентгенографии и МСКТ);

- амплитуда электрогенеза *m. rectus femoris*, *m. adductor longus*, *m. gluteus medius*;

- определение проекции общего центра массы (ПЦМ) во фронтальной и сагиттальной плоскостях, длину и площадь статокинезиограммы (СКГ).

### Статистический анализ

Статистический анализ осуществлялся с помощью программы IBM SPSS v.26. Внутригрупповой анализ проводился с использованием непараметрического критерия Вилкоксона, межгрупповой — с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни с уровнем вероятности ошибки первого рода менее 5% ( $p < 0,05$ ). Корреляционный анализ проводили с использованием критерия Пирсона.

### Результаты

При госпитализации в клинику института основной жалобой у пациентов обеих групп были боли в тазобедренном суставе и статико-динамические нарушения в виде хромоты на пораженную конечность. У всех пациентов различная степень тяжести дисплазии тазобедренных суставов диагностирована в младенческом возрасте с последующим консервативным лечением по месту жительства. В подавляющем большинстве случаев (77,6%) редуцию и фиксацию головок бедренных костей проводили по методу A. Lorenz. Средний срок гипсовой иммобилизации составил 132±15 дней. Остальные 22,4% пациентов получали лечение с отводящими конструкциями — подушкой Фрейка или шиной Виленского. Средний срок фиксации нижних конечностей функциональными шинами составил 108±11 дней. Концентрическое вправление головки бедренной кости не было достигнуто ни у одного пациента. Средние значения в баллах после заполнения анкет Harris Hip Score, VAS, качества жизни подростка у пациентов основной группы составили 61,8±4,6; 5,2±1 и 5,6±1 соответственно. Аналогичные данные получены у пациентов в группе сравнения, которые составили 59,1±5; 5,3±1,1 и 5,7±1 баллов. Полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженных функциональных нарушений со стороны тазобедренного сустава с умеренно выраженными болевыми ощущениями, сопровождающихся снижением качества жизни, свойственного для данной возрастной категории детей (продолжи-

тельные прогулки, занятия спортом, аэробикой, танцами и т.д.).

По результатам проведенного комплексного обследования у пациентов обеих групп определялись:

- хромота, выраженность которой зависела от величины укорочения;

- уменьшение периода фазы выноса нижней конечности и инверсионного типа нагрузки на отделы стопы;

- положительный импинджмент-тест с выраженностью болевых ощущений от  $3,7 \pm 1,0$  до  $5,7 \pm 1,1$  баллов по VAS в зависимости от стадии дегенеративного процесса;

- наличие «классических» рентгенологических изменений со стороны тазобедренного сустава в виде недоразвития передне-верхнего края вертлужной впадины и увеличения ШДУ и угла антеверсии проксимального отдела бедра;

- снижение средней амплитуды потенциалов электрогенеза основных мышц области тазобедренного сустава на стороне поражения в среднем на 40% от возрастной нормы;

- смещение ПЦМ в контралатеральную сторону во фронтальной плоскости при одностороннем поражении и значимое отклонение ПЦМ вперед в сагиттальной плоскости при двустороннем поражении.

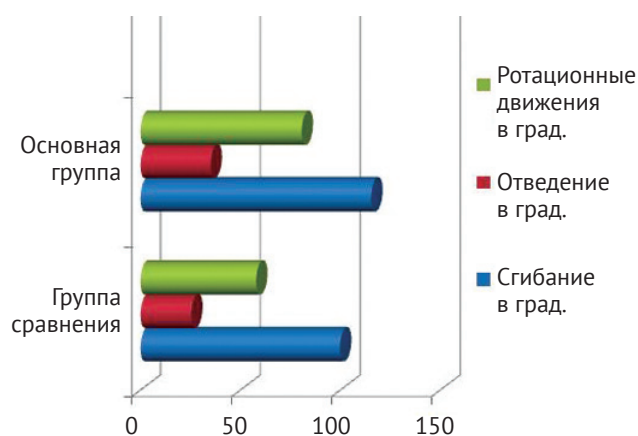
Вышеуказанные клиничко-функциональные и анатомо-рентгенологические изменения у детей с диспластическим коксартрозом I и II стадий изучены и подробно описаны в диссертационном исследовании О.В. Бортулёвой (2019)\*. Клиничко-функциональный результат у пациентов обеих групп оценивали не менее чем через 24 мес. после проведенного хирургического лечения.

Пациенты обеих групп отмечали полное купирование болевого синдрома в области пораженного тазобедренного сустава в 80,8% случаев. Появление неприятных ощущений после интенсивных физических нагрузок (продолжительный бег, посещение спортивного зала, занятий танцами и т.д.) ощущали 19,2% пациентов. В 93% наблюдений после проведенного хирургического лечения удалось достичь равенства длины нижних конечностей, а величина остаточного укорочения составляла не более 1 см. Одновременно с этим проведенное анкетирование выявило значимые различия ( $p < 0,05$ ) в результатах. У пациентов основной группы средние баллы по Harris Hip Score и шкале качества жизни подростка составили  $91,2 \pm 5,9$  и  $0,4 \pm 0,5$  соответственно. В группе сравнения аналогичные показатели колебались:  $84,7 \pm 5,2$  и  $1,25 \pm 0,4$  балла.

У 75% пациентов в группе сравнения сохранялось нарушение походки в виде хромоты, обусловленной сокращением периода выноса нижней конечности вперед и инверсивного типа нагрузки на отделы стопы. Таким образом, несмотря на улучшение функционального состояния тазобедренного сустава, у данной категории пациентов сохранялось нарушение качества жизни.

В основной группе 87,8% пациентов соблюдали все акты ходьбы в виде корректного выноса нижней конечности и этапности распределения нагрузки на стопу (перекат пятка – носок).

Проведение гониометрии у пациентов обеих групп выявило наличие значимых различий ( $p < 0,05$ ) в амплитуде движений в тазобедренных суставах во всех трех плоскостях (рис. 4).



**Рис. 4.** Показатели гониометрии у пациентов основной группы и в группе сравнения через 24 мес. после операции

**Fig. 4.** The diagram of goniometry indices of the main and comparison groups in 24 months after surgery

Положительный FADIR тест отмечался у 29,2% пациентов основной группы и у 31,3% в группе сравнения.

Исследование выносливости основных около-суставных мышц показало наличие значимых различий ( $p < 0,05$ ) в исследуемых группах пациентов. Так, в основной группе время удержания прямой нижней конечности в положении лежа на спине составило  $30,2 \pm 4,8$  сек., в положении лежа на боку –  $29,3 \pm 5,4$  сек. Таким образом, выносливость мышц в основной группе увеличилась почти в три раза по сравнению с показателями до лечения. В группе сравнения аналогичные показатели составили  $13,3 \pm 3,4$  и  $15,5 \pm 2,9$  сек. соответственно. У этой категории пациентов значительного увеличения выносливости около-суставных мышц не отмечалось.

\* Бортулёва О.В. Оценка клиничко-функционального состояния тазобедренного сустава на этапах комплексного лечения диспластического коксартроза I–II стадии у детей. Дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2019.

Результаты рентгенометрии основных индексов, характеризующих анатомическое строение тазового и бедренного компонентов сустава и его стабильности в целом, представлены в таблице 1.

Из представленных в таблице 1 данных следует, что хирургическое вмешательство в обеих группах исследования носило радикальный реконструктивный характер, и рентгенометрические показатели претерпели существенные изменения. Так, показатели, непосредственно отражающие степень реориентации вертлужной впадины (угол Sharp) и стабильность сустава в целом (угол Wiberg, степень костного покрытия), стали соответствовать значениям физиологической нормы, а в ряде случаев даже превышать их. Значения угла антеверсии проксимального отдела бедра зачастую выходили за рамки нижней границы физиологической нормы. Одновременно с этим во всех случаях была достигнута стабильность тазобедренного сустава, что выражалось в значительном изменении угла Wiberg и степени костного покрытия.

Оценка динамики развития коксартроза показала значительные положительные изменения. Так, из 49 суставов с диспластическим коксартрозом I стадии в 81,6% произошел полный регресс дегенеративно-дистрофических изменений, а в 20,4% достигнута стабилизация дегенеративно-дистрофических изменений. Из 24 суставов со IIa стадией коксартроза в 45,8% также отмечался полный регресс дегенеративно-дистрофических проявлений, в 37,5% произошла смена стадий с переходом в I, а в 16,7% — стабилизация дегенеративно-дистрофических изменений.

Изменения со стороны функционального состояния основных мышц области тазобедренного сустава представлены в таблице 2.

Проведенный сравнительный статистический анализ данных, представленных в таблице 2 доказал наличие значимых различий ( $p < 0,05$ ) в значениях средней амплитуды электрогенеза обозначенных мышц. В основной группе исследования электрогенез средней ягодичной мышцы

Таблица 1

**Рентгенологические показатели тазобедренного сустава в обеих группах исследования через 2 года после операции**

Показатель	Пациенты основной группы M±SD (min-max)	Пациенты группы сравнения M±SD (min-max)
Угол Sharp, град.	30,2±10,2 (12–46)	31,4±8,7 (18–48)
Угол Wiberg, град.	37,4±8,3 (25–54)	36,6±8,7 (24–52)
Степень костного покрытия, %	104,5±7,4 (85–110)	104,1±6,7 (90–115)
Краниальное смещение, см	0,1±0,05(0–0,3)	0,15±0,06 (0–0,4)
ШДУ, град.	127,7±5,8 (120–140)	126,5±5,0 (120–140)
УА, град.	15,1±2,8 (10–20)	13,8±4,5 (5–20)

Таблица 2

**Амплитуда электрогенеза основных мышц области тазобедренного сустава у пациентов обеих групп через 2 года после операции**

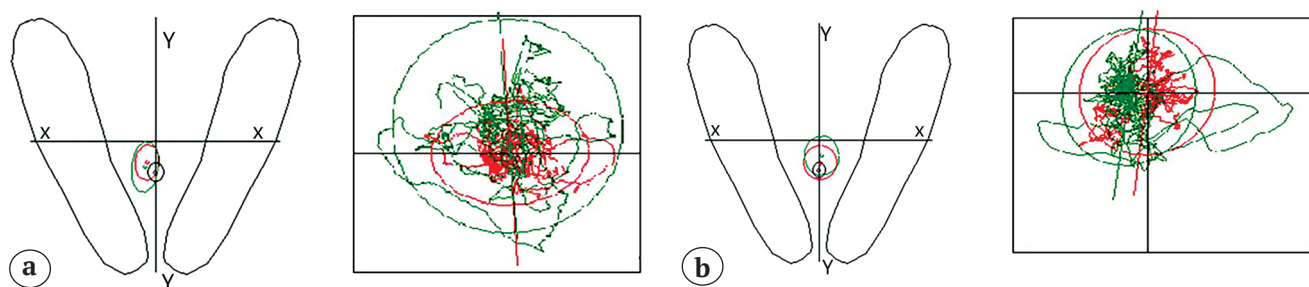
Исследуемые мышцы	Пациенты основной группы		Пациенты группы сравнения	
	Односторонний коксартроз, мкВ M±SD (min-max)	Двусторонний коксартроз, мкВ M±SD (min-max)	Односторонний коксартроз, мкВ M±SD (min-max)	Двусторонний коксартроз, мкВ M±SD (min-max)
<i>M. gluteus medius</i>	304,6±54,0 (201–410)	301,9±50,0 (208–389)	235,6±51,0 (167–356)	227,3±57,0 (171–332)
<i>M. rectus femoris</i>	313,5±62,0 (201–421)	306,5±48,0 (234–389)	242,8±45,0 (187–309)	237,5±41,0 (187–308)
<i>M. adductor longus</i>	231,4±43,0 (178–378)	233±44,5 (189–301)	199,3±55,0 (139–308)	197,3±28,0 (154–221)

увеличился на 54%, в приводящих мышцах — на 33%, в прямой мышце бедра — на 47%. В свою очередь, у пациентов группы сравнения после лечения аналогичные показатели незначительно превысили дооперационные значения.

Проведенный корреляционный анализ между зависимостью силы и выносливости основных мышц области тазобедренного сустава и данных электрофизиологического исследования только в основной группе показал наличие прямой сильной связи между исследуемыми количественными признаками ( $r = 0,85$  для *m. gluteus medius*;  $r = 0,75$  для *m. rectus femoris*), а также высокой силе связи по шкале Чеддока.

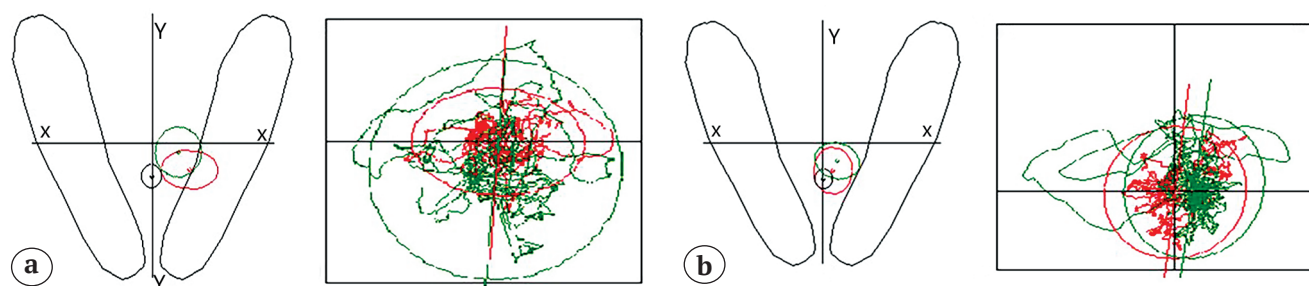
В результате проведенного стабилметрического исследования было выявлено улучшение показателей статокINETической системы лишь у пациентов основной группы ( $p < 0,05$ ), что выразалось в стабилизации ПЦМ в двух плоскостях (рис. 5).

Одновременное с этим у пациентов в группе сравнения сохранялась латерализация ПЦМ во фронтальной плоскости при одностороннем диспластическом коксартрозе и ее отклонение вперед в сагиттальной плоскости при двустороннем поражении (рис. 6).



**Рис. 5.** Стабилизация ПЦМ у пациентов основной группы:  
а — односторонний диспластический коксартроз; б — двусторонний диспластический коксартроз

**Fig. 5.** Body mass center stabilization in the patients of the main group:  
a — unilateral dysplastic coxarthrosis; b — bilateral dysplastic coxarthrosis



**Рис. 6.** Сохраняющаяся латерализация ПЦМ:  
а — вправо во фронтальной плоскости у пациентов с левосторонним диспластическим коксартрозом;  
б — кпереди в сагиттальной плоскости у пациентов с двусторонним коксартрозом

**Fig. 6.** Persistent body mass center displacement in the patients of the comparison group:  
a — to the right in the frontal plane in patients with left-sided dysplastic coxarthrosis;  
b — anteriorly in the sagittal plane in patients with bilateral coxarthrosis

### Обсуждение

Общеизвестно, что дегенеративно-дистрофические изменения в тазобедренных суставах ведут к выраженному ухудшению физического состояния пациента в связи с прогрессированием болевого синдрома, который, в свою очередь, приводит к нарушению биомеханики в пораженном суставе.

Единственным патогенетически обоснованным методом лечения этой категории больных является хирургический. К настоящему времени техники хирургического вмешательства как взрослых пациентов с диспластическим коксартрозом, так и детей хорошо отработаны и стандартизированы [8, 9, 13, 23]. Современные металлоконструкции

позволяют добиться надежной и стабильной фиксации в отдаленном периоде наблюдения, обеспечивая адекватные условия для консолидации костных фрагментов.

Однако, несмотря на достижение стабильности тазобедренного сустава, у всех пациентов в настоящем исследовании превышение верхней или нижней границы физиологической нормы рентгенометрических показателей тазового и бедренного компонентов сустава составили около 35%, что являлось причиной сохранения положительного импинджмент-теста и в дальнейшем способствовало созданию условий для рецидива коксартроза, уже вследствие развития *pincer* типа фемороацетабулярного импинджмента [24, 25, 26]. Кроме того, избыточная варизация проксимального отдела бедренной кости в дальнейшем приводит к прогрессирующей слабости отводящей группы мышц и нарушению походки. Это диктует необходимость пересмотра показаний к выполнению корригирующей остеотомии бедра с определением оптимальной степени коррекции ее угловых и торсионных деформаций. Кроме того, необходимо повышение точности выполнения подобного рода хирургических вмешательств с целью нивелирования гиперкоррекции положения вертлужной впадины [27].

Одновременно с этим необходимо подчеркнуть, что вопросам восстановительного лечения детей с патологией тазобедренного сустава после радикальных реконструктивных вмешательств не уделено должного внимания. В многочисленных исследованиях неоднократно подчеркивалось, что комплексный подход к лечению таких пациентов, включая важный этап восстановительной терапии, является залогом успеха и эффективного результата проведенного хирургического вмешательства. Адаптация пациента при отсутствии должного внимания к реабилитации происходит гораздо дольше и может оказаться неполной, что резко замедлит возвращение пациента к привычному образу жизни [28]. Коллективом авторов из клиники ортопедии и травматологии в городе Гейдельберг (Германия) описана методика раннего восстановительного лечения детей в среднем возрасте 3,4 года после выполнении ацетабулопластики по Dege и корригирующей остеотомии бедра [20]. Ее применение стало возможно в результате отказа от длительного периода послеоперационной гипсовой иммобилизации нижних конечностей в пользу разработанной ими специальной индивидуальной формы из пены, в которой находился пациент сразу после операции. Представленные ими результаты проводимого комплексного лечения основывались на определении рентгенологических индексов стабильности и оценке амплитуды движений. Интересным представляется

тот факт, что после начала полноценной осевой нагрузки всеми пациентам через 3–4 нед. после проведенной операции авторы не отмечали ни одного осложнения в виде потери коррекции или асептического некроза головки бедренной кости или вертлужной впадины.

В другом исследовании группой японских ортопедов проведен ретроспективный анализ использования стандартной и ускоренной методики восстановительного лечения после выполнения периацетабулярной остеотомии таза у взрослых пациентов [17]. Было установлено, что преимуществом ускоренной методики восстановительной терапии являются условия для скорейшего восстановления тонуса мышц. При этом частота потери достигнутой коррекции сразу после операции из-за ранней осевой нагрузки у больных этой группы была гораздо выше, чем при использовании стандартной методики восстановительного лечения.

В единичных публикациях проведена оценка походки и силы мышц у женщин в среднем в возрасте 35 лет после тройной остеотомии таза, выполненной по поводу дисплазии тазобедренного сустава. Послеоперационная реабилитация заключалась в восстановлении амплитуды движений и выполнении упражнений на укрепление мышц в течение 3–12 мес. У всех пациентов в отдаленном периоде сохранялись нарушение походки и слабость отводящей группы мышц [18]. Другие авторы, также проведя анализ походки и силы мышц области тазобедренного сустава после ротационной остеотомии таза, аналогично отмечали хромоту на стороне проведенной операции, а также слабость сгибателей бедра, несмотря на отличные результаты по шкалам-опросникам. Подводя итог своего исследования, авторы заявляют о необходимости более интенсивного восстановительного лечения в послеоперационном периоде [29].

Таким образом, на сегодняшний день нет единого взгляда на сроки начала и методику восстановительного лечения после внесуставных реконструктивно-пластических операций на тазобедренном суставе как у детей, так и у взрослых. Кроме того, в имеющихся исследованиях интерпретация результатов проведенного лечения сводится к оценке восстановления амплитуды движений, достижения рентгенологической стабильности тазобедренного сустава и наличия осложнений.

В своей работе мы постарались провести многофакторную оценку состояния тазобедренного сустава до и после проведенного радикального реконструктивного вмешательства.

На наш взгляд, важным моментом раннего восстановительного лечения является сгибание оперированной конечности в коленном суставе с последующим применением механотерапии

с первых суток послеоперационного периода. Это позволяет достичь плавного растяжения мышц в области тазобедренного и коленного суставов. В дальнейшем это способствовало нивелированию болевого синдрома и мышечного спазма в зоне вмешательства. Одновременно с этим ранняя вертикализация пациента и нагрузка на оперированную конечность на фоне стабильной фиксации сразу после полного купирования болевого синдрома и ликвидации отека послеоперационной раны позволили начать раннее восстановление корректного стереотипа походки. Раннее начало восстановительного периода позволило избежать возникновения постиммобилизационных контрактур и развить правильный стереотип походки на фоне восстановленного мышечного каркаса области тазобедренного сустава. Выполнение в ходе реабилитационных мероприятий активных движений с отягощением способствовало созданию условий для оптимальной и постепенной адаптации пациента к обычным нагрузкам со стороны нижних конечностей и социальной адаптации детей в обществе.

Таким образом, анализ среднесрочных результатов комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии показал, что хирургическое лечение с использованием стабильной фиксации и разработанная методика восстановительной терапии приводят к значительному ( $p < 0,05$ ) улучшению статико-динамической функции нижних конечностей. Это подтверждается данными клинического, лучевого, электрофизиологического и биомеханического обследований, а также специализированных шкал, учитывающих функцию тазобедренного сустава, качество жизни и социальную адаптацию пациента.

#### Этика публикации

Исследование общедоступно и одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Пациенты и их представители дали согласие на участие в исследовании и публикацию данных.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** работа проведена в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № АААА-А18-118122690158-2.

#### Вклад авторов

*Бортулёв П.И.* — разработка дизайна исследования, сбор и анализ данных, аналитический обзор тематических публикаций, написание текста рукописи, хирургическое лечение пациентов.

*Виссарионов С.В.* — коррекция, этапная и заключительная редакция.

*Басков В.Е.* — этапная редакция, хирургическое лечение пациентов.

*Бортулёва О.В.* — аналитический обзор тематических публикаций, сбор и анализ данных, разработка и внедрение авторского алгоритма.

*Барсуков Д.Б.* — сбор данных, хирургическое лечение пациентов.

*Поздникин И.Ю.* — сбор данных, хирургическое лечение пациентов.

*Баскаева Т.В.* — сбор данных, хирургическое лечение пациентов.

#### Литература [References]

1. Čustović S., Šadić S., Vujadinović A., Hrustić A., Jašarević M., Čustović A. et al. The predictive value of the clinical sign of limited hip abduction for developmental dysplasia of the hip (DDH). *Med Glas (Zenica)*. 2018;15(2):174–178. doi: 10.17392/954-18.
2. Kotlarsky P., Haber R., Bialik V., Eidelman M. Developmental dysplasia of the hip: What has changed in the last 20 years? *World J Orthop*. 2015;6(11):886–901. doi: 10.5312/wjo.v6.i11.886.
3. Сертакова А.В., Морозова О.Л., Рубашкин С.А., Тимаев М.Х., Норкин И.А. Перспективы молекулярной диагностики дисплазии тазобедренных суставов у детей. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2017;72(3):195–202. doi: 10.15690/vramn806. Sertakova A.V., Morozova O.L., Rubashkin S.A., Timaev M.Kh., Norkin I.A. [Challenges of molecular-based diagnosis developmental dysplasia of the hip in childhood]. *Vestnik Rossijskoi akademii meditsinskikh nauk* [Annals of the Russian academy of medical sciences]. 2017;72(3):195–202. (In Russian). doi: 10.15690/vramn806.
4. Pavlik A. The functional method of treatment using a harness with stirrups as the primary method of conservative therapy for infants with congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;281:4–10.
5. Flores A, Castañeda L.P. Tratamiento de la displasia del desarrollo de la cadera tipo Graf III y IV con el arnés de Pavlik. *Rev Mex Ortop Ped*. 2010;12(1):19–23.
6. Камоско М.М., Познович М.С. Консервативное лечение детей с дисплазией тазобедренных суставов. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2014;2(4):51–60. doi: 10.17816/PTORS2451-60. Kamosko M.M., Poznovich M.S. [Conservative treatment of hip dysplasia]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2014;2(4):51–60. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS2451-60.
7. Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Волошин С.Ю., Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Познович М.С. и др. Ошибки диагностики и начала консервативного лечения детей с врожденным вывихом бедра. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2017;5(2):42–51. doi: 10.17816/PTORS5242-51. Pozdnikin I.Yu., Baskov V.E., Voloshin S.Yu., Barsukov D.B., Krasnov A.I., Poznovich M.S. [Errors of diagnosis and the initiation of conservative treatment in children with congenital hip dislocation]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo*

- vozzrasta [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2017;5(3):42-51. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS5242-51.
8. Кожевников В.В., Ворончихин Е.В., Григоричева Л.Г., Лобанов М.Н., Буркова И.Н. Показания и эффективность лечения детей с остаточной дисплазией тазобедренного сустава путем тройной остеотомии таза. *Детская хирургия*. 2017;21(4):197-201. doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201.
  - Kozhevnikov V.V., Voronchikhin E.V., Grigorieva L.G., Lobanov M.N., Burkova I.N. [Indications for and efficiency of treatment of children with residual hip joint dysplasia by triple pelvic osteotomy]. *Detskaya khirurgiya* [Children surgery]. 2017;21(4):197-201. (In Russian). doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201.
  9. Камоско М.М. Транспозиция вертлужной впадины при лечении ятрогенных деформаций тазобедренного сустава. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2009;168(4):67-71.
  - Kamosko M.M. [Transposition of the cotyloid cavity in treatment of iatrogenic deformities of the hip joint]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* [Grekov's Bulletin of Surgery]. 2009;168(4):67-71.
  10. Salter R.B., Dubos J.P. The first fifteen year's personal experience with innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1974;(98):72-103. doi: 10.1097/00003086-197401000-00009.
  11. Басков В.Е., Камоско М.М., Барсуков Д.Б., Поздник И.Ю., Кожевников В.В., Григорьев И.В. и др. Транспозиция вертлужной впадины после подвздошно-седалищной остеотомии таза при лечении дисплазии тазобедренного сустава у детей. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2016;4(2):5-11. doi: 10.17816/PTORS425-11.
  - Baskov V.E., Kamosko M.M., Barsukov D.B., Pozdnik I.Yu., Kozhevnikov V.V., Grigor'ev I.V., Bortulev P.I. [Transposition of the acetabulum after iliac ischial osteotomy in the treatment of hip dysplasia in infants] *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2016;4(2): 5-11. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS425-11.
  12. Герасимов С.А., Короткин А.А., Герасимов Е.А., Ковалдов К.А., Новикова Я.С. Остеотомии таза как метод лечения дисплазии тазобедренного сустава. Современное состояние вопроса. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(4). Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27765>.
  - Gerasimov S.A., Korytkin A.A., Gerasimov E.A., Kovaldov K.A., Novikova Y.S. [Pelvic osteotomies as a treatment option for development dysplasia of the hip. Current concepts]. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education] 2018;(4). Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27765>.
  13. Li Y., Xu H., Slongo T., Zhou Q., Chen W., Li J. et al. Bernese-type triple pelvic osteotomy through a single incision in children over five years: a retrospective study of twenty eight cases. *Int Orthop*. 2018;42(12):2961-2968. doi: 10.1007/s00264-018-3946-3.
  14. Pascual-Garrido C., Harris M.D., Clohisey J.C. Innovations in Joint Preservation Procedures for the Dysplastic Hip «The Periacetabular Osteotomy». *J Arthroplasty*. 2017;32(9S):S32-S37. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.015.
  15. Joeris A., Audige' L., Ziebarth K. The locking compression paediatric hip plate: technical guide and critical analysis. *Int Orthop*. 2012;36(11):2299-2306. doi: 10.1007/s00264-012-1643-1.
  16. Sidler-Maier C.C., Reidy K., Huber H., Dierauer S., Ramseier L.E. LCP 140 Pediatric Hip Plate for fixation of proximal femoral valgisation osteotomy. *J Child Orthop*. 2014;8:29-35. doi: 10.1007/s11832-014-0550-y.
  17. Ito H., Tanino H., Sato T., Nishida Y., Matsuno T. Early weight-bearing after periacetabular osteotomy leads to a high incidence of postoperative pelvic fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:234. doi: 10.1186/1471-2474-15-234.
  18. Kolk S., Fluit R., Luijten J., Heesterbeek P.J., Geurts A.C., Verdonchot N. et al. Gait and lower limb muscle strength in women after triple innominate osteotomy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16:68. doi: 10.1186/s12891-015-0524-3.
  19. Позднякова О.Н., Поляев Б.А., Анастасевич О.А., Корочкин А.В. Дифференцированная методика восстановительного лечения при врожденном вывихе бедра в послеоперационном периоде на этапе вертикализации. *Детская хирургия*. 2011;(6): 13-15.
  - Pozdnyakova O.N., Polyayev B.A., Anastasevich O.A., Korochkin A.V. [Differential method for rehabilitative treatment of congenital hip dislocation in the postoperative period and at the stage of verticalization]. *Detskaya khirurgiya* [Russian Journal of Pediatric Surgery]. 2011;(6):13-15 (In Russian).
  20. Gather K.S., von Stillfried E., Hagmann S., Müller S., Dreher T. Outcome after early mobilization following hip reconstruction in children with developmental hip dysplasia and luxation. *World J Pediatr*. 2018. 14(2): 176-183. doi: 10.1007/s12519-017-0105-7.
  21. Камоско М.М. Эффективность транспозиции вертлужной впадины при лечении диспластического коксартроза у детей и подростков. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2009;(2): 62-66.
  - Kamosko M.M. [Efficacy of acetabulum transposition at treatment of dysplastic coxarthrosis in children and adolescents]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2009;(2):62-66. (In Russian).
  22. Louahem M'sabah D., Assi C., Cottalorda J. Proximal femoral osteotomies in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(1 Suppl):S171-S186. doi: 10.1016/j.otsr.2012.11.003.
  23. Lerch T.D., Steppacher S.D., Liechti E.F., Siebenrock K.A., Tannast M. Periazetabuläre Osteotomie nach Ganz : Indikationen, Technik und Ergebnisse 30 Jahre nach Erstbeschreibung [Bernese periacetabular osteotomy. : Indications, technique and results 30 years after the first description]. *Orthopade*. 2016;45(8):687-694. (In German). doi: 10.1007/s00132-016-3265-6.
  24. Castaneda P., Vidal-Ruiz C., Méndez A., Salazar D.P., Torres A. How Often Does Femoroacetabular Impingement Occur After an Innominate Osteotomy for Acetabular Dysplasia? *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474:1209-1215. doi: 10.1007/s11999-016-4721-7.
  25. Biedermann R., Donnan L., Gabriel A., Wachter R., Krismer M., Behensky H. Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy. *Int Orthop (SICOT)*. 2008;32:611-617. doi: 10.1007/s00264-007-0372-3.
  26. Ziebarth K., Balakumar J., Domayer S., Kim Y.J., Millis M.B. Bernese Periacetabular Osteotomy in Males. Is There an Increased Risk of Femoroacetabular Impingement (FAI) After Bernese Periacetabular



- Osteotomy? *Clin Orthop Relat Res.* 2010; 469:447-453 doi: 10.1007/s11999-010-1544-9.
27. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Познович М.С. Применение индивидуальных шаблонов при тройной остеотомии таза у детей с диспластическим подвывихом бедра (предварительные результаты). *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(4):47-56. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-47-56. Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Poznovich M.S. [Patient specific templates for triple pelvic osteotomy in children with dysplastic hip subluxation (preliminary results)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):47-56. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-47-56.
28. Enishi T., Yagi H., Higuchi T., Takeuchi M., Sato R., Yoshioka S. et al. Changes in muscle strength of the hip after rotational acetabular osteotomy: a retrospective study. *Bone Joint J.* 2019;101-B(11):1459-1463. doi: 10.1302/0301-620X.101B11.BJJ-2019-0204.R1.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Бортулёв Павел Игоревич* — научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>

*Виссарионов Сергей Валентинович* — член-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России; профессор кафедры детской травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

*Бортулёва Оксана Вячеславовна* — заведующая ортопедо-травматологическим реабилитационным отделением, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-8454>

*Басков Владимир Евгеньевич* — канд. мед. наук, руководитель отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>

*Барсуков Дмитрий Борисович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>

*Поздникин Иван Юрьевич* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>

*Баскаева Тамила Владимировна* — травматолог-ортопед отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Pavel I. Bortulev* — Researcher, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>

*Sergei V. Vissarionov* — Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director, Head of the department of Spinal Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery; Professor, Traumatology and Orthopaedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>

*Oksana V. Bortuleva* — Head of the Department of Orthopedic and Trauma Rehabilitation, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-8454>

*Vladimir E. Baskov* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Hip Pathology, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>

*Dmitry B. Barsukov* — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>

*Ivan Y. Pozdnikin* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>

*Tamila V. Baskaeva* — Orthopedic Surgeon, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>

## Комментарий к статье «Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии»

И.Ф. Ахтямов

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
г. Казань, Россия

## Comment to the Article “The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I-II Stage Dysplastic Osteoarthritis”

I.F. Akhtyamov

Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

Дисплазия — достаточно частая врожденная патология тазобедренного сустава (3–4 случая на 1000 новорождённых) [1, 2, 3]. Несвоевременный или порочный вариант лечения неизменно приводит к развитию коксартроза [4, 5]. В 1969 г. на II Всесоюзном съезде травматологов-ортопедов в Риге была сформирована концепция функционального и органосохраняющего направления в лечении врожденного вывиха бедра у детей. Этапное лечение по Лоренцу с многомесячной жесткой фиксацией нижних конечностей ребенка в определенных положениях был отвергнут ввиду большого числа осложнений и остаточных дефектов развития тазобедренных суставов. Было предложено отказаться от метода открытого вправления по Колонна и рекомендовано щадящее вправление врожденного вывиха бедра без удаления хрящевого покрова вертлужной впадины с реконструкцией элементов сустава.

Полувековой опыт, несомненно, дал зримый эффект в лечении детей с дисплазией тазобедрен-

ного сустава. Щадящее вправление вывиха бедра, сохранение хрящевого слоя, восстановление нормальных биомеханических параметров и взаимоотношений элементов тазобедренного сустава, внесуставной характер вмешательства — вот критерии, ставшие основой выбора лечения для детских ортопедов. В профильных отделениях сегодня все меньше детей с невправленным вывихом бедра, но дисплазия остается ахиллесовой пятой специальности. Количество диспластических коксартрозов как показания к эндопротезированию не уменьшается, а пациенты с этой патологией все молодеют. И дело не в том, что коррекция бедренного и тазового компонентов этим пациентам не проводится, а в том, как это делается, в каком возрасте и как формируется и отслеживается результат лечения.

В клинике хирургии тазобедренного сустава НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера в конце прошлого века была сформирована и проповедовалась концепция хирургического лечения дисплазии тазобедренного сустава у детей. Многолетний успешный опыт белорусской школы ортопедов расширил показания к реконструкции сустава и для подростков, но, к великому сожалению, это не стало стандартом в лечении столь сложной патологии. Именно внесуставная

### • Комментарий к статье

Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Бортулёва О.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздников И.Ю., Баскаева Т.В. Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):93-105. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-93-105.

Ахтямов И.Ф. Комментарий к статье «Среднесрочные результаты комплексного лечения детей с диспластическим коксартрозом I–II стадии». *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):106-108. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-106-108.

**Cite as:** Akhtyamov I.F. [Comment to the Article “The Medium-Term Results of Complex Treatment of the Children with I-II Stage Dysplastic Osteoarthritis”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):106-108. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-106-108.

✉ Ахтямов Ильдар Фуатович / Ildar F. Akhtyamov; e-mail: yalta60@mail.ru

коррекция тазового и бедренного компонентов при т.н. прекоксартрозе до наступления периода «светлого промежутка», характерного для дисплазии сустава, давала наилучшие анатомические и функциональные результаты, и многие клиники нашей страны поддержали это направление [6, 7, 8].

В последние годы система пространственной коррекция элементов сустава получила значительное подспорье в связи с внедрением стабильного остеосинтеза фрагментов спонгиозными винтами, пластинами Pediatric hip plate и т.п. [9]. Эти конструкции позволили изменить подходы к послеоперационной реабилитации пациентов и значительно улучшить результаты лечения.

На сегодня проблема восстановления пациентов после вмешательств на тазобедренном суставе более чем актуальна [10, 11]. Благодаря исследованиям реабилитологов из НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера формируется интересное направление в восстановлении пациентов с патологией тазобедренного сустава. Следует отдать должное работе О.В. Бортулёвой, поднявшей столь важную тему [12]. В отечественной литературе крайне мало подобных публикаций и вот, как мы видим из комментируемой статьи, это исследование продолжается.

Многолетние попытки добиться успеха при реконструктивной хирургии тазобедренного сустава у взрослых пациентов на патологически сформированном суставе, к сожалению, не всегда приводят к ожидаемому результату [13, 14]. Думается, что есть несколько причин этого. С одной стороны, это извечные проблемы преемственности в специальности. «Взрослые» ортопеды не знают, что, когда и насколько обоснованно применили «детские» ортопеды, а те, в свою очередь, не знают отдаленные результаты проведенного ими лечения. Отсутствие должного диспансерного контроля за состоянием пациента по достижении им 18-летнего возраста — это вина не нынешнего поколения врачей, а результат искусственного неразумного деления в бытность единой классической ортопедии.

Появление статьи П.И. Бортулёва с соавторами и расставленные в ней акценты на необходимость восстановительного лечения детей после хирургической реконструкции тазобедренного сустава в очередной раз подчеркивает актуальность проблемы преемственности в нашей специальности. Следует приветствовать подход авторов статьи к комплексному лечению, включающему хирургическое вмешательство на тазобедренном суставе и реабилитацию с ранней вертикализацией подростков с диспластическим коксартрозом. Сложно было бы рассчитывать на возможность раннего функционального восстановления подростков без выполнения стабильного остеосинтеза, без которого ранняя вертикализация пациентов, т.е.

основа авторской методики реабилитации, была бы невозможна.

Жаль, что часть пациентов была потеряна для дальнейшего наблюдения в связи с достижением совершеннолетия и переходом под наблюдение травматологов-ортопедов взрослой поликлинической сети. Искусственное разделение на возрастные категории делает интереснейшее исследование ограниченным в плане оценки отдаленных результатов. Можно отметить интересный раздел, в котором подчеркивается необходимость строгого достижения возрастных анатомических параметров проксимального отдела бедра и вертлужной впадины именно у подростков, поскольку расчет на нивелирование торсионной и варусной гиперкоррекции оправдан лишь у детей младшего возраста [15]. Собственно, авторы этим и ограничиваются в оценке хирургического компонента лечения дисплазии сустава, акцентируется внимание на восстановительном лечении.

Здесь следует задаться вопросом о сроках возможной более ранней полноценной нагрузки на оперированную конечность. Приведен убедительный пример успешной ранней (3–4 нед. после реконструкции сустава) активизации пациентов в клинике Гейдельберга в Германии [16]. Почему же авторы, несмотря на оптимальные сроки вертикализации пациента (вторая неделя после вмешательства), не пошли дальше? Почему не разрешили более раннюю, пусть постепенную, нагрузку на сустав, а лишь через 6 мес.? Возможно, их смутили исследования японских коллег, но они разрешали нагрузку взрослым пациентам непосредственно после вмешательства. Возникает желание найти оптимальную золотую середину? В очередной раз чаша весов склоняется в сторону более ранней реконструкции сустава при диспластическом коксартрозе в подростковом возрасте без отсрочки на будущее [9, 17].

### Литература [References]

1. Гончеренко В.А., Стронина С.Н., Клестова Е.О.. Врожденный вывих бедра: частота, структура, анализ методов диагностики и лечения. *Молодой ученый*. 2016;107(3):257-259. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/107/24644/>.
  2. Волошин С.Ю., Белоусова Е.А. Особенности реабилитации детей грудного возраста с врожденным вывихом бедра на этапах консервативного лечения. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2015;3(2):66-70. doi: 10.17816/PTORS3266-70.
- Voloshin S.Y., Belousova E.A. [Rehabilitation of features in infants with congenital hip dislocation

- and the stages of conservative treatment]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2015;3(2):66-70. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS3266-70.
3. Stenroos A., Laaksonen T., Nietosvaara Y. Traumatic hip dislocation in pediatric patients. *Duodecim*. 2017;133(8):749-752.
  4. Schmitz M.R., Murtha A.S., Clohisy J.C. Developmental Dysplasia of the Hip in Adolescents and Young Adults. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(3):91-101. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00533.
  5. Pollet V., Castelein R.M., van de Sande M., Witbreuk M., Mostert A.K., Besselaar A. et al. Abduction treatment in stable hip dysplasia does not alter the acetabular growth: results of a randomized clinical trial. *Scientific Reposts*. 2020;10(1):9647. doi: 10.1038/s41598-020-66634-1.
  6. Ахтямов И.Ф., Соколовский О.А. Хирургическое лечение дисплазии тазобедренного сустава. Казань; 2008. 371 с.  
Akhtyamov I.F., Sokolovsky O.A. [Surgical Treatment of Hip Dysplasia]. Kazan; 2008. 371 p. (In Russian)
  7. Басков В.Е., Камоско М.М., Барсуков Д.Б., Поздник И.Ю., Кожевников В.В., Григорьев И.В. и др. Транспозиция вертлужной впадины после подвздошно-седалищной остеотомии таза при лечении дисплазии тазобедренного сустава у детей. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2016;4(2):5-11. doi: 10.17816/PTORS425-11.  
Baskov V.E., Kamosko M.M., Barsukov D.B., Pozdnyukov I.Yu., Kozhevnikov V.V., Grigoriev I.V. et al. [Transposition of the acetabulum after ilioischial osteotomy of the pelvis in the treatment of hip dysplasia in children]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2016;4(2): 5-11. (In Russian). doi: 10.17816 / PTORS425-11.
  8. Кожевников В.В., Ворончихин Е.В., Григоричева Л.Г., Лобанов М.Н., Буркова И.Н. Показания и эффективность лечения детей с остаточной дисплазией тазобедренного сустава путем тройной остеотомии таза. *Детская хирургия*. 2017;21(4):197-201. doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201.  
Kozhevnikov V.V., Voronchikhin E.V., Grigorieva L.G., Lobanov M.N., Burkova I.N. [Indications for and efficiency of treatment of children with residual hip joint dysplasia by triple pelvic osteotomy]. *Detskaya khirurgiya* [Pediatric Surgery]. 2017;21(4):197-201. (In Russian). doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201.
  9. Gala L., Clohisy J.C., Beaulé P.E. Hip Dysplasia in the Young Adult. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(1):63-73. doi: 10.2106/JBJS.O.00109.
  10. Adler K.L., Cook P.C., Geisler P.R., Yen Y.M., Giordano B.D. Current Concepts in Hip Preservation Surgery: Part II — Rehabilitation. *Sports Health*. 2016;8(1):57-64. doi: 10.1177/1941738115577621.
  11. Murtha A.S., Bomar J.D., Johnson K.P., Upasani V.V., Pennock A.T. Acetabular labral tears in the adolescent athlete: results of a graduated management protocol from therapy to arthroscopy. *J Pediatr Orthop B*. 2020 Aug 18. doi: 10.1097/BPB.0000000000000793. [Epub ahead of print].
  12. Бортулёва О.В. Оценка клинико-функционального состояния тазобедренного сустава на этапах комплексного лечения диспластического коксартроза I–II стадии у детей. Дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2019.  
Bortuleva O.V. [Assessment of the clinical and functional state of the hip joint at the stages of complex treatment of stage I – II dysplastic coxarthrosis in children]. Dis. ... Cand. Med. Sciences. SPb.; 2019. (In Russian).
  13. Герасимов С.А., Корыткин А.А., Герасимов Е.А., Ковалдов К.А., Новикова Я.С. Остеотомии таза как метод лечения дисплазии тазобедренного сустава. Современное состояние вопроса. *Совершенные проблемы науки и образования*. 2018;(4). Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27765>.  
Gerasimov S.A., Korytkin A.A., Gerasimov E.A., Kovaldov K.A., Novikova Ya.S. [Pelvic osteotomies as a treatment option for development dysplasia of the hip. Current concepts]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2018;(4). (In Russian). Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27765>.
  14. Ito H., Tanino H., Sato T., Nishida Y., Matsuno T. Early weight-bearing after periacetabular osteotomy leads to a high incidence of postoperative pelvic fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:234. doi: 10.1186/1471-2474-15-234.
  15. Louahem M'sabah D., Assi C., Cottalorda J. Proximal femoral osteotomies in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(1 Suppl):S171-S186. doi: 10.1016/j.otsr.2012.11.003.
  16. Gather K.S., von Stillfried E., Hagmann S., Müller S., Dreher T. Outcome after early mobilization following hip reconstruction in children with developmental hip dysplasia and luxation. *World J Pediatr*. 2018. 14(2): 176-183. doi: 10.1007/s12519-017-0105-7.
  17. Al-Essa R.S., Aljahdali F.H., Alkhalaiwi R.M., Philip W., Jawadi A.H., Khoshhal K.I. Diagnosis and treatment of developmental dysplasia of the hip: A current practice of paediatric orthopaedic surgeons. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(2):2309499017717197. doi: 10.1177/2309499017717197.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ахтямов Ильдар Фуатович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и хирургии экстремальных состояний, ФГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

## AUTHOR'S INFORMATION:

Ildar F. Akhtyamov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Traumatology, Orthopaedics and Surgery of Extreme States Department, Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4910-8835>

## Сравнительный анализ артродезирования коленного сустава длинными блокируемыми стержнями и аппаратом Илизарова при последствиях глубокой инфекции после эндопротезирования

Л.Н. Соломин<sup>1,2</sup>, Е.А. Щепкина<sup>1,3</sup>, К.Л. Корчагин<sup>1</sup>, Ф.К. Сабиров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Глубокая инфекция после эндопротезирования коленного сустава требует радикальной хирургической обработки очага инфекции, удаления компонентов эндопротеза и установки антимикробного спейсера. При невозможности выполнения операции ревизионного эндопротезирования коленного сустава для восстановления опороспособной функции нижней конечности «золотым стандартом» считается выполнение операции артродезирования коленного сустава. **Цель исследования** — провести сравнительный анализ выполнения артродеза коленного сустава с использованием внешней и внутренней фиксации. **Материал и методы.** Проведен анализ 60 случаев лечения пациентов, которым был выполнен артродез коленного сустава. Пациенты были разделены на две группы по 30 пациентов в каждой. В первой группе артродез коленного сустава выполнялся с использованием интрамедуллярного блокируемого стержня, во второй группе использовался аппарат внешней фиксации. При анализе мы сравнивали между группами объем интраоперационной и дренажной кровопотери, длительность стационарного лечения, сроки наступления анкилоза и осложнения. Качество жизни пациентов оценивали с использованием опросника SF-36 до операции, на сроках 3, 6 и 12 мес. после оперативного лечения. **Результаты.** Сравнение двух методик выполнения артродеза коленного сустава показало, что кровопотеря при интрамедуллярной фиксации в сравнении с чрескостной в 2,0 раза больше, длительность стационарного лечения в 1,4 раза меньше, общее количество осложнений в 4,4 раза меньше. Однако осложнений, повлиявших на результат лечения, в этой группе было в 1,5 раза больше. Различия в среднем времени формирования анкилоза статистически не значимы ( $p < 0,05$ ). Функциональные результаты лечения в сроки 3 мес. после операции при внутренней фиксации значительно выше, на сроке 6 мес. после операции показатели качества жизни отличались незначительно, а через 12 мес. после операции показатели в обеих группах были одинаковы. **Заключение.** Результаты нашего исследования позволяют считать, что на сегодняшний день преимущественным способом выполнения артродеза коленного сустава является применение длинных интрамедуллярных стержней. При невозможности установки интрамедуллярного стержня и высоком риске рецидива глубокой инфекции должен применяться чрескостный остеосинтез.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава, инфекционные осложнения эндопротезирования, артродез коленного сустава, интрамедуллярный остеосинтез, чрескостный остеосинтез, аппарат Илизарова.

Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К. Сравнительный анализ артродезирования коленного сустава длинными блокируемыми стержнями и аппаратом Илизарова при последствиях глубокой инфекции после эндопротезирования. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):109-118. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-109-118.

**Cite as:** Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K. [Comparative Analysis of Knee Joint Fusion with Long Locking Nail and Ilizarov Apparatus in Patients with Deep Infection after Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):109-118. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-109-118.

✉ Корчагин Константин Леонидович / Konstantin L. Korchagin; e-mail: korchagin.konstantin@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 25.12.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 01.04.2020.

## Comparative Analysis of Knee Joint Fusion with Long Locking Nail and Ilizarov Apparatus in Patients with Deep Infection after Arthroplasty

L.N. Solomin<sup>1,2</sup>, E.A. Shchepkina<sup>1,3</sup>, K.L. Korchagin<sup>1</sup>, F.K. Sabirov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Deep infection after knee arthroplasty requires radical surgical treatment of the infection site, removal of endoprosthesis components, and an antimicrobial spacer placement. If revision knee arthroplasty is impossible, the «gold standard» for this kind of patients is knee joint arthrodesis. **The purpose of the study** was the comparative analysis of knee joint fusion by external and internal fixation. **Materials and Methods.** The analysis of 60 cases of knee arthrodesis was carried out. The patients were divided into two groups with 30 patients in each. In the first group, knee arthrodesis was performed with long locking nail, in the second group — with external ring fixation. We compared the groups by intraoperative and drainage blood loss, the inpatient treatment duration, the terms of fusion and complications registered. The patients quality of life was evaluated using the SF-36 questionnaire before surgery, for the periods of 3, 6, and 12 months after the surgery. **Results.** The comparison of two methods of knee arthrodesis showed that blood loss in the internal fixation compared with external one, was 2.03 times more, the duration of inpatient treatment was 1.4 times less, and the total number of complications was 4.4 times less. However, the complications that affected the treatment outcome in long nail group were 1.5 times more. The differences in the average time of ankylosis formation were not statistically significant ( $p < 0.05$ ). The functional results of the treatment in 3 months after surgery in the group with internal fixation were much better. In 6 months after surgery the quality of life had no significant differences. In 12 months follow-up the indices in both groups were the same. **Conclusion.** The results of our study suggests us to think, knee joint arthrodesis by long fusion nail should be preferable. If the nail insertion is technically impossible, and there is the high risk of deep infection recurrence, the external osteosynthesis should be used.

**Keywords:** knee arthroplasty failure, deep joint infection, knee arthrodesis, knee joint fusion, nailing, long fusion nail, external fixation, Ilizarov apparatus.

### Введение

Увеличение количества операций первичного эндопротезирования коленного сустава приводит к росту общего числа инфекционных осложнений и выполняемых в этой связи ревизионных вмешательств [1, 2]. Несмотря на значимые достижения в области хирургической техники, дизайна компонентов эндопротезов и развитие антимикробной терапии, инфекция остается основной проблемой данных операций. Зарегистрированные инфекционные осложнения после тотального эндопротезирования коленного сустава составляют, по разным данным, от 0,57% до 15% [3].

По данным регистра эндопротезирования коленного сустава ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена», 58% ревизионных вмешательств выполняется по причине перипротезной инфекции [4]. Глубокая инфекция области хирургического вмешательства после эндопротезирования коленного сустава требует радикальной хирургической обработки очага инфекции, удаления компонентов эндопротеза и установки антимикробного

спейсера [5]. Наличие дефекта дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой кости, рубцовые изменения тканей, слабость разгибательного аппарата являются противопоказаниями к выполнению операции ревизионного эндопротезирования коленного сустава [6].

При невозможности выполнения ревизионного эндопротезирования коленного сустава для восстановления опороспособной функции нижней конечности «золотым стандартом» считается выполнение операции артродеза коленного сустава [6, 7]. Выполнение артродеза коленного сустава возможно с использованием различных вариантов фиксации: внутренней и внешней. На сегодняшний день наиболее широко используемыми в мировой практике являются длинные стержни и аппарат Илизарова [6].

**Цель исследования** — провести сравнительный анализ выполнения артродеза коленного сустава с использованием внешней и внутренней (интрамедуллярной) фиксации.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Ретроспективное когортное нерандомизированное.

### Пациенты

Проведен анализ 60 случаев лечения пациентов, проходивших лечение в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» за период с 2012 по 2018 г., которым при наличии противопоказаний к выполнению ревизионного эндопротезирования был

выполнен артродез коленного сустава. Пациенты были разделены на две группы по 30 пациентов в каждой.

В группе 1 артродез коленного сустава выполнялся с использованием неканюлированных титановых стержней для высоких и низких переломов бедренной кости Meta-DiaFixF («ЦИТО», Россия). В группе 2 использовался аппарат внешней фиксации — аппарат Илизарова.

Пациенты обеих групп были сопоставимы по полу и возрасту (табл. 1, 2).

Таблица 1

Распределение пациентов по полу и возрасту

Возраст	Группа 1 (блокируемый интрамедуллярный стержень)				Группа 2 (аппарат внешней фиксации)			
	мужчины		женщины		мужчины		женщины	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
До 59 лет	4	13,3	8	26,7	7	23,4	9	30
59 лет и старше	6	20	12	40	4	13,3	10	33,3
Всего	10	33,3	20	66,7	11	36,7	19	63,3

$p > 0,05$ .

Средний возраст пролеченных пациентов с использованием блокируемого интрамедуллярного стержня составил  $57,0 \pm 3,7$  (от 18 до 84) лет, 40% пациентов были в трудоспособном возрасте. Возраст пролеченных пациентов в аппарате внешней фиксации составил  $55,0 \pm 3,7$  (от 27 до 86) лет, 53,4% пациентов были в трудоспособном возрасте.

Количество предшествующих операций у пациентов группы 1 составляло от 2 до 7 (в среднем 3,8); у пациентов группы 2 — от 2 до 5 (среднее значение 3,4). У 48 (80%) пациентов первичной операцией явилось эндопротезирование, выполненное по поводу остеоартроза коленного сустава. В связи с последующей глубокой инфекцией была удалена конструкция и установлен антимикробный спейсер. В 12 (20%) случаях причиной формирования дефекта явилась санирующая операция после неудачного металлоостеосинтеза переломов костей, образующих коленный сустав, с удалением металлоконструкций и установкой антимикробного спейсера. Всем пациентам было отказано в выполнении последующего ревизионного эндопротезирования.

Дефекты дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей оценивали согласно классификации дефектов костей, образующих коленный сустав, для случаев, когда имеются противопоказания к эндопротезированию [8]. Классификация разделяет дефекты на

4 типа в зависимости от их локализации и объема: I — эпифизарные, II — эпиметафизарные, III — ограниченные эпиметадиафизарные, IV — обширные эпиметадиафизарные. В зависимости от выраженности дефекта каждый тип имеет подтипы А, В и С.

Таблица 2

Распределение пациентов по типам дефектов

Тип дефекта	Группа 1	Группа 2
ПВ	11 (37%)	12 (40%)
ПС	8 (27%)	9 (30%)
ПИА	6 (20%)	6 (20%)
ПИБ	5 (16%)	3 (10%)

### Хирургическая техника

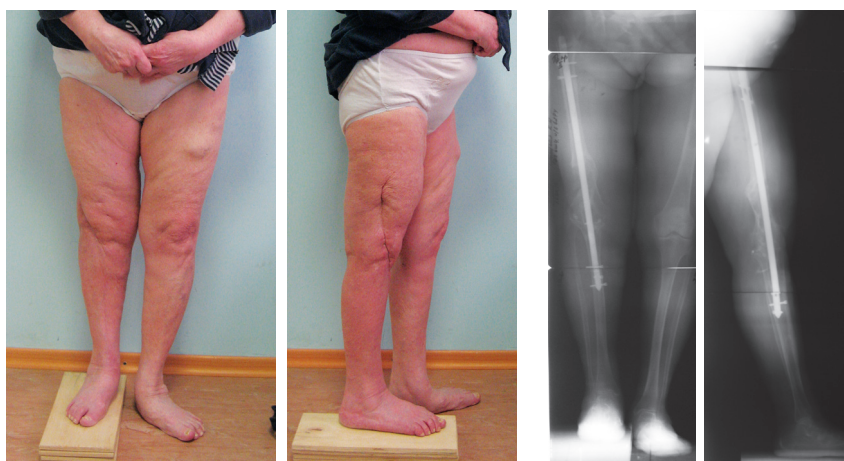
В группе 1 были использованы неканюлированные титановые стержни для высоких и низких переломов бедренной кости Meta-DiaFixF («ЦИТО», Россия). Диаметр индивидуально изготавливаемых стержней в наших наблюдениях варьировал от 9 до 13 мм, а длина — от 500 до 790 мм.

Антибактериальное покрытие гвоздей нами не использовалось. Первым этапом удаляли цементный спейсер и экономно резецировали дистальный конец бедренной кости и проксимальный конец большеберцовой кости. В результате при наличии дефекта типа ПС удавалось достичь полного контакта концов костных поверхностей. При наличии дефекта типов ПВ, ПА и ПВ костные фрагменты контактировали только по задней поверхности, составляющей 30–60% поперечника кости. Для обеспечения большей площади контакта была бы необходима дополнительная резекция, которая могла привести к дополнительному укорочению конечности на 6–8 см.

Костномозговой канал бедренной и большеберцовой костей рассверливали гибкими развертками до диаметра, на 2 мм превышающего диаметр интрамедуллярного стержня. В одном случае наличие деформации бедренной кости потребовало выполнения дополнительной остеотомии для возможности установки интрамедуллярного стержня. Стержень вводили ортоградно из доступа 2–3 см, для чего был использован специальный проводник (патент РФ №144667). После адаптации концов бедренной и большеберцовой костей стержень проводился в канал большеберцовой кости. С учетом наличия у индивидуального бедренного стержня заданного изгиба ( $R = 2\text{ м}$ ) для создания вальгусного отклонения большеберцовой кости и необходимого сгибания в коленном суставе (обеспечение величины бедренно-большеберцового угла в сагиттальной плоскости  $5^\circ$ ) интрамедуллярный стержень разворачивали внутрь на  $45^\circ$  (патент РФ № 2661703). Для уменьшения дренажной крово-

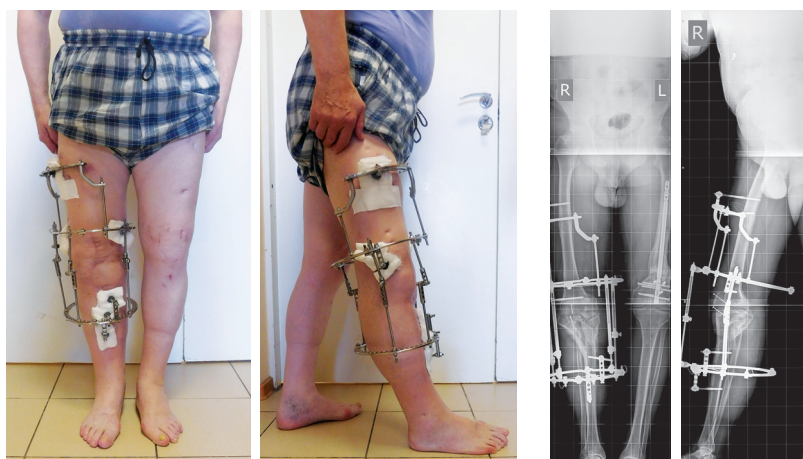
потери в послеоперационном периоде в костномозговые каналы дистального конца бедренной и проксимального конца большеберцовой костей вводили гемостатическую губку объемом до  $100\text{ см}^3$ . В рану вводили два активных дренажа, рану ушивали, а стержень блокировали. При наличии дефекта по передней поверхности бедренной и большеберцовой костей у 10 пациентов выполнено замещение дефекта аутотрансплантатом из крыла подвздошной кости. При наличии торцевого упора и величины укорочения до 5 см стержень блокировался по динамической схеме, в остальных случаях использовалась статическая схема блокирования (рис. 1). Пациент активизировался с первых суток. Дренажи удалялись на 3–5-е сут. после операции.

*Группа 2.* При использовании метода Илизарова после удаления цементного спейсера и экономной резекции костных фрагментов до возможности контакта концов костных фрагментов последние диафиксировались спицами в положении вальгусного отклонения голени  $5^\circ$  и положении сгибания голени в коленном суставе  $5\text{--}7^\circ$ . Рану ушивали с введением двух активных дренажей. После этого проводились стержни-шурупы, спицы с упором, монтировался аппарат внешней фиксации на основе 2–4 внешних опор. При контакте костных фрагментов 60–100% на бедро и голень накладывали по одной кольцевой опоре. При меньшей площади контакта использовали аппарат из 3–4 опор. После этого удаляли диафиксирующие спицы и выполняли компрессию в пределах 5–7 мм. Пациентов также активизировали на 1-е сутки после операции, дренажи удаляли на 2-е сутки после операции (рис. 2).



**Рис. 1.** Внешний вид и рентгенограммы пациентки после артродеза коленного сустава интрамедуллярным стержнем  
**Fig 1.** Appearance and X-rays of a female patient after knee arthrodesis with an intramedullary rod





**Рис. 2.** Внешний вид и рентгенограммы пациента после артродеза коленного сустава аппаратом Илизарова  
**Fig. 2.** Appearance and X-rays of a patient after knee arthrodesis with Ilizarov apparatus

В послеоперационном периоде все пациенты наблюдались в стационаре до заживления ран и снятия швов (12–14 дней). Проводились занятия ЛФК, пациенты обучались ходьбе при помощи костылей с дозированной нагрузкой на оперированную конечность при компенсации укорочения ортопедической обувью. На амбулаторном этапе пациентам при использовании аппарата Илизарова рекомендовалось выполнение поддерживающей компрессии на уровне артродеза в темпе 0,5–1,0 мм/нед. В обеих группах нагрузку на конечность специально не ограничивали. Рентгенологический контроль проводили ежемесячно. После рентгенологического подтверждения состоявшегося костного анкилоза при наличии аппарата внешней фиксации выполняли клиническую пробу. Для этого модули аппарата разъединяли и определяли подвижность на уровне стыка костных фрагментов. При ее отсутствии аппарат динамизировали на 1 нед. и при отсутствии жалоб демонтировали. После этого рекомендовали использование «дисциплинирующего» брейса в течение 1 мес.

### Оценка результатов

Мы сравнивали между группами объем интраоперационной и дренажной кровопотери, длительность стационарного лечения, сроки наступления анкилоза и осложнения. Качество жизни пациентов оценивали с использованием опросника SF-36 до операции, на сроках 3, 6 и 12 мес. после оперативного лечения. Укорочение нижней конечности оценивали до и после опера-

ции. Осложнения у пациентов группы 1 представлены только количественно для каждого из видов осложнения. Осложнения в группе 2 оценивали по классификации J. Caton, связывающей осложнения с результатами лечения [9].

### Статистический анализ

Расчеты производились в программах Microsoft Excel for Windows и STATISTICA 10 for Windows. Использовались методы описательной статистики, представление абсолютных значений и долевые соотношения. Для оценки соответствия полученных данных нормальному распределению использовались три критерия: Шапиро–Уилка, Колмогорова–Смирнова и Лилиефорса. Большая часть исследуемых данных не соотносилась с нормальным распределением. Поэтому для обработки этих данных мы использовали методы непараметрической статистики. Сопоставление количественных признаков между группами сравнения выполняли с применением критерия Манна–Уитни. При сравнении зависимых выборок для одной и той же группы пациентов нами применялись непараметрический критерий Вилкоксона и критерий знаков (Sign test).

### Результаты

Длительность оперативного вмешательства у пациентов группы 1 была статистически значимо меньше, чем у пациентов группы 2 ( $p < 0,05$ ) (табл. 3).

Таблица 3

#### Длительность операции и объем кровопотери в исследуемых группах

Показатель	Группа 1 (n = 30)	Группа 2 (n = 30)
Длительность операции, мин.	80–180 (100±10)	100–220 (150±15)
Кровопотеря, мл:		
– интраоперационная;	300–1100 (400±55)	200–800 (350±50)
– дренажная	400–900 (500±45)	0–250 (100±15)

$p < 0,05$ .

По нашему мнению, разница в величине интраоперационной и дренажной кровопотери в двух группах обусловлена тем, что в группе 1 при выполнении операции необходимо вскрыть и рассверливать костномозговые каналы бедренной и большеберцовой костей.

Общий срок стационарного лечения пациентов группы 1 составлял  $48 \pm 12$  дней, для пациентов группы 2 —  $34 \pm 3$  дня ( $p < 0,05$ ). Среднее время формирования костного анкилоза у пациентов группы 1 составило  $210 \pm 14$  дней, у пациентов группы 2 —  $192 \pm 20$  дней ( $p < 0,05$ ). Укорочение нижней конечности до и после операции представлено в таблице 4.

Таким образом, остаточное укорочение нижней конечности свыше 60 мм констатировано у 20 (33,4%) пациентов обеих групп, от 30 до 60 мм — у 29 (48,3%) пациентов.

Качество жизни пациентов, оцененное по опроснику SF-36, представлено в таблице 5.

При сравнении качества жизни пациентов группы 1 по опроснику SF-36 до операции и через 3 мес. после операции было выявлено, что до операции показатели значительно ниже ( $p < 0,05$ ) по всем изучаемым параметрам качества жизни, кроме интенсивности боли, где показатели незначительно отличаются между исследуемыми группами пациентов ( $p > 0,05$ ).

Таблица 4

Укорочение конечности до и после анкилоза коленного сустава

Укорочение	Группа 1 (n = 30)		Группа 2 (n = 30)		Всего (n = 60)	
	n	%	n	%	n	%
<b>До операции</b>						
До 30 мм	19	63,3%	14	46,7%	33	55%
30–60 мм	6	20%	9	30%	15	25%
Свыше 60 мм	5	16,7%	7	23,3%	12	20%
<b>После операции</b>						
До 30 мм	6	20%	5	16,7%	11	18,3%
30–60 мм	15	50%	14	46,7%	29	48,3%
Свыше 60 мм	9	30%	11	36,6%	20	33,4%

Таблица 5

Сравнение показателей качества жизни по данным опросника SF-36

Показатель SF-36	До операции (n = 60)	Срок после операции					
		3 мес.		6 мес.		12 мес.	
		Группа 1 (n = 30)	Группа 2 (n = 30)	Группа 1 (n = 30)	Группа 2 (n = 30)	Группа 1 (n = 30)	Группа 2 (n = 30)
Физическое функционирование (PF)	7,5±0,8	47,0±4,7	23,0±3,5	63,0±5,7	49,0±4,6	63,0±8,7	59,0±9,6
Ролевое (физическое) функционирование (RP)	2,5±0,4	43,0±9,6	5,0±1,1	49,0±6,2	22,0±3,0	50,0±8,0	49,0±7,0
Интенсивность боли (BP)	19,0±2,2	32,0±2,7	34,5±4,3	43,0±3,7	41,0±4,3	43,0±3,7	41,0±4,3
Общее состояние здоровья (GH)	18,0±2,5	59,0±2,7	56,0±2,5	62,0±2,9	59,0±2,8	62,0±2,9	59,0±2,8
Жизненная активность (VT)	29,0±1,8	57,0±1,5	49,0±1,2	61,0±1,9	60,0±2,1	61,0±2,0	62,0±2,2
Социальное функционирование (SF)	18,8±2,8	56,9±4,2	28,9±1,8	57,0±4,2	58,3±3,6	57,1±3,9	58,3±3,6
Эмоциональное функционирование (RE)	16,0±3,8	40,5±5,0	19,0±2,2	41,5±5,0	38,5±3,6	41,5±5,0	44,2±5,6
Психологическое здоровье (MH)	29,7±1,7	63,1±3,2	34,7±2,4	65,3±3,0	53,1±1,8	65,3±3,0	63,1±2,1

При сравнении пациентов группы 2 до операции и через 3 мес. после операции было выявлено, что до операции показатели незначительно отличаются между собой ( $p > 0,05$ ) по всем изучаемым параметрам качества жизни, кроме физического функционирования, общего состояния здоровья и жизненной активности, где показатели значительно выше в группе 2 ( $p < 0,05$ ).

Показатели качества жизни пациентов были значительно выше в группе 1 по сравнению с результатами в группе 2 ( $p < 0,05$ ), кроме интенсивности боли и общего состояния здоровья ( $p > 0,05$ ), где показатели незначительно отличаются между группами. Это может быть объяснено возможностью дозированной осевой нагрузки на оперированную конечность и частичным восстановлением опорной функции нижней конечности.

При сравнении качества жизни по опроснику SF-36 пациентов до операции и через 6 мес. после операции в исследуемых группах выявлена статистически значимая положительная динамика ( $p < 0,05$ ). При сравнении группы 1 и 2 было выявлено, что показатели качества жизни пациентов незначительно отличаются между собой по всем изучаемым параметрам качества жизни ( $p > 0,05$ ), кроме физического ролевого функционирования, где показатели в группе 1 значительно выше, чем в группе 2 ( $p < 0,05$ ). Данная ситуация обусловлена тем, что аппарат внешней фиксации демонтировался в среднем через 6 мес. после операции.

### Осложнения

В группе 1 осложнения возникли у 4 (13,3%) пациентов. В одном случае вследствие несоблюдения режима произошел перелом интрамедуллярного блокируемого стержня по уровню корригирующей остеотомии средней трети бедренной кости, но анкилоз состоялся. В связи с наличием у пациентки ложного сустава на уровне остеотомии, деформации после перелома интрамедуллярного стержня был выполнен реостеосинтез бедренной кости интрамедуллярным блокированным стержнем. В одном случае пациентка настояла на удалении стержня, когда анкилоз еще не состоялся. У одного пациента развилось воспаление мягких тканей в области мест введения блокирующих винтов. Воспаление удалось купировать антибактериальной терапией, а также было произведено перепроведение блокирующих винтов, интрамедуллярный стержень сохранен. Одному пациенту интрамедуллярный стержень удален в связи с рецидивом глубокой инфекции. Была назначена антибактериальная терапия, конечность была иммобилизована тутором, в последующем, после стихания инфекционного процесса сформировался фиброзный анкилоз, от дальнейшего лечения пациент отказался.

При оценке пациентов группы 2 воспаление мягких тканей в области чрескостных элементов (I категория осложнений), купированное местным применением мази «Левомеколь», встречалось у 24 (80%) пациентов за весь период лечения. Перепроведение чрескостных элементов в связи с их нестабильностью (II категория осложнений) потребовалось у 6 (20%) пациентов. Рецидив глубокой инфекции области хирургического вмешательства (III категория осложнений) развилась у 2 (6,7%) пациентов, которым потребовалось повторное выполнение saniрующих операций. Осложнения I и II категорий не повлияли на сроки и результаты лечения и в целом присущи чрескостному остеосинтезу.

### Обсуждение

В литературе нам удалось найти описание 87 случаев выполнения артродеза коленного сустава: 22 случая с применением длинного интрамедуллярного стержня и 65 случаев использования аппарата внешней фиксации [7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Так, R. Kuchinad с соавторами описывают 21 случай лечения пациентов артродезом коленного сустава с использованием внешней и внутренней фиксации (16 и 5 пациентов соответственно) [7], H. Balci с соавторами — 17 случаев лечения пациентов с артродезом коленного сустава методом внешней фиксации [10]. A. Bruno с соавторами представили 16 таких случаев [13]. B. Leroux с соавторами описывают 17 случаев использования интрамедуллярных стержней при выполнении артродеза коленного сустава [14]. H.M. Ключин с соавторами сообщают о 16 случаях лечения пациентов с артродезом коленного сустава методом чрескостного остеосинтеза [16].

Нами проанализировано 60 случаев лечения пациентов с использованием артродеза коленного сустава — 30 пациентов в аппарате внешней фиксации и 30 пациентов с артродезом коленного сустава длинным индивидуальным стержнем. Такое количество пациентов позволило провести сравнение двух методик между собой и сопоставить их с результатами, полученными другими авторами.

По данным литературы, средняя длительность операции артродеза коленного сустава с использованием внешней фиксации составляет от 235 до 255 мин. [13, 17]. Для артродеза с использованием интрамедуллярного стержня таких данных мы не нашли.

Сравнение двух методик артродеза коленного сустава показало, что оперативное вмешательство было более травматичным у пациентов группы 1, критерием чего служила большая интраоперационная (на 50–100 мл) и дренажная (на 400 мл) кровопотери. По данным литературы, величина

интраоперационной кровопотери составляет 343–748 мл без разделения на внешнюю и внутреннюю фиксацию [11, 17].

Длительность стационарного лечения пациентов группы 1 была на 14 дней больше, чем в группе 2. Разница могла бы быть больше, т.к. ожидание изготовления индивидуальной металлоконструкции занимало от 7 до 10 дней.

Сроки наступления анкилоза коленного сустава у пациентов группы 2 были меньше, чем у пациентов группы 1. Это можно объяснить возможностью повышения стабильности фиксации за счет дозированной компрессии на уровне формирующегося анкилоза. В группе с использованием внешней фиксации срок наступления анкилоза определялся клинически и рентгенологически, однако больше внимания уделяли клиническому тесту, чем рентгенологической картине. В группе с использованием артродеза коленного сустава интрамедуллярным стержнем анкилоз подтверждался в основном рентгенологически, т.к. особенности конструкции обеспечивали нагрузку до полной у 80% пациентов через 4–6 мес. после операции; клиническая проба была неприменима. По данным литературы, сроки формирования анкилоза коленного сустава с использованием внешней фиксации составляли от 4,0 до 11,7 мес. [12, 13, 17, 20]. Срок формирования анкилоза коленного сустава с использованием длинного интрамедуллярного стержня, по данным литературы, составляет  $5,0 \pm 1,5$  мес. [14].

Известно, что при выполнении артродеза коленного сустава разница в длине нижних конечностей для удобства ходьбы должна составлять 1–2 см [21]. Укорочение свыше 3 см является показанием к последующему устранению разницы в длине нижних конечностей [22]. Большинство авторов оценивают только остаточное укорочение конечности после выполненного артродеза коленного сустава и приводят данные от 1,5 до 9,0 см [11, 13, 14, 18, 20]. Среди прооперированных нами пациентов остаточное укорочение нижней конечности свыше 60 мм отмечено у 20 (33,4%) пациентов обеих групп, что требует последующего устранения неравенства в длине нижних конечностей. Укорочение от 30 до 60 мм определено у 29 (48,3%) пациентов. Таким образом, не менее 81,7% пациентов в дальнейшем будут нуждаться в оперативном лечении. Однако из 49 пациентов только у двоих (4%) следующим этапом выполнено устранение неравенства длины нижних конечностей, оставшиеся 47 пациентов отказались от последующего оперативного лечения и компенсируют укорочение ортопедической обувью.

Результаты операций артродеза коленного сустава оценивались по опроснику SF-36 лишь в одном исследовании [18]. Более часто использовался упрощенный вариант шкалы — SF-12, в которую

входит два показателя: физическое функционирование и психологическое здоровье [10, 19, 20]. Так, H. Balci с соавторами провели сравнение своих пациентов со здоровым населением и оценили физическое функционирование в 39,3 баллов в сравнении с 47,9 баллами у здоровых людей и психологическое здоровье в 38,6 баллов в сравнении с 47,7 баллами [10]. По нашим данным, при оценке качества жизни по опроснику SF-36 более ранняя реабилитация (на сроках 3 и 6 мес. после операции) произошла у пациентов группы 1. Это объясняется возможностью более ранней нагрузки на оперированную конечность (использование динамической схемы блокирования), отсутствием физических неудобств и психологического дискомфорта от ношения аппарата внешней фиксации. На сроке 12 мес. после операции показатели в обеих группах практически не отличались.

В литературе приводятся следующие данные о частоте воспаления в области мест выходов чрескостных элементов (I категория по Catton): 16 случаев у 11 пациентов [10], 14 случаев у 19 пациентов [13]. Переломы чрескостных элементов, потребовавшие их замены (II категория по Catton), встречались у 11 пациентов из 17 [10] и у 3 пациентов из 19 [13]. Рецидив инфекционного процесса (III категория по Catton) произошел, по данным разных авторов, в 12–14% случаев [10, 13]. Для артродеза коленного сустава с использованием интрамедуллярного стержня описаны осложнения в виде интраоперационного перелома бедренной кости у двоих пациентов из 17, невралгия малоберцового нерва у двоих пациентов из 17 [14]. В нашем исследовании количество осложнений, повлиявших на результат лечения, у пациентов группы 1 составило 10%, у пациентов группы 2 — 6,7%. Однако необходимость постоянного ухода, перевязок, динамического наблюдения лечащим врачом на протяжении всего периода фиксации, наличие осложнений, связанных с его длительностью, делает методику артродеза коленного сустава блокируемым интрамедуллярным стержнем более комфортной.

Результаты нашего исследования, а также анализ мировой литературы позволяют считать, что на сегодняшний день преимущественным способом выполнения артродеза коленного сустава является применение длинных интрамедуллярных стержней. При невозможности установки интрамедуллярного стержня и высоком риске рецидива глубокой инфекции должен применяться чрескостный остеосинтез. Неполный контакт костных фрагментов бедренной и большеберцовой костей (дефекты типа IIB, IIIA, IIIB) увеличивает риск несращения с формированием фиброзного анкилоза. В подобных ситуациях возможно замещение дефекта по передней поверхности отщепом бедренной кости.

**Этика публикации**

Пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию клинического наблюдения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

**Вклад авторов**

Соломин Л.Н. — координация участников исследования, разработка концепции и дизайна исследования, редактирование.

Щепкина Е.А. — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

Корчагин К.Л. — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста.

Сабиров Ф.К. — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных.

**Литература [References]**

1. Ермаков А.М., Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Тряпичников А.С., Коюшков А.Н. Оценка эффективности двухэтапного хирургического лечения больных с перипротезной инфекцией коленного и тазобедренного суставов. *Гений ортопедии*. 2018;24(3):321-326. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326. Ermakov A.M., Kliushin N.M., Ababkov Iu.V., Triapichnikov A.S., Koiushkov A.N. [Efficiency of two-stage revision arthroplasty in management of periprosthetic knee and hip joint infection]. *Genij Ortopedii*. 2018;24(3):321-326. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326. (In Russian).
2. Iorio R., Robb W.J., Healy W.L., Berry D.J., Hozack W.J., Kyle R.F. et al. Orthopaedic surgeon workforce and volume assessment for total hip and knee replacement in the United States: preparing for an epidemic. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(7):1598-1605. doi: 10.2106/JBJS.H.00067.
3. Oostenbroek H., van Roermund P. Arthrodesis of the knee after an infected arthroplasty using the Ilizarov method. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(1):50-54. doi: 10.1302/0301-620x.83b1.10572.
4. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Филь А.С., Муравьева Ю.В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2011–2013 годы. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(1):136-151. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Muravyeva Y.V. [Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011-2013]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(1):136-151. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151.
5. Преображенский П.М., Божкова С.А., Каземирский А.В., Гончаров М.Ю. Результаты этапного лечения пациентов с перипротезной инфекцией после эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):98-107. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-98-107.

- Preobrazhensky P.M., Bozhkova S.A., Kazemirsky A.V., Goncharov M.Yu. [Results of two-stage reimplantation in patients with periprosthetic joint infection after total knee arthroplasty]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):98-107. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-98-107.
6. Conway J.D., Mont M.A., Bezwada H.P. Arthrodesis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(4):835-848. doi: 10.2106/00004623-200404000-00027.
  7. Kuchinad R., Fourman M.S., Fragomen A.T., Rozbruch R.S. Knee arthrodesis as limb salvage for complex failures of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2014;29(11):2150-2155. doi: 10.1016/j.arth.2014.06.021.
  8. Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Розбрух Р.С. Классификация дефектов костей, образующих коленный сустав, у пациентов с противопоказаниями к эндопротезированию. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(1):36-43. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-36-43. Solomin L.N., Korchagin K.L., Rozbruch R.S. [Classification for Knee joint Bones defects in patients with contraindications to arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(1):36-43. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-36-43.
  9. Caton J. Traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs et des sujets de petite taille chez l'enfant et l'adolescent. *Rev Chir Orthop*. 1991;77 (Suppl. I):31-80.
  10. Balci H., Saglam Y., Pehlivanoglu T., Sen C., Eralp L., Kocaoglu M. Knee arthrodesis in persistently infected total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2015;29(07):580-588. doi: 10.1055/s-0035-1569479.
  11. Incavo S.J., Lilly J.W., Bartlett C.S., Churchill D.L. Arthrodesis of the knee: experience with intramedullary nailing. *J Arthroplasty*. 2000;15(7):871-876. doi: 10.1054/arth.2000.9060.
  12. Gallusser N., Goetti P., Luyet A., Borens O. Knee arthrodesis with modular nail after failed TKA due to infection. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015;25(8):1307-1312. doi: 10.1007/s00590-015-1707-1.
  13. Bruno A., Kirienko A., Peccati A., Dupplicato P., De Donato M., Arnaldi E., Portinaro N. Knee arthrodesis by the Ilizarov method in the treatment of total knee arthroplasty failure. *The Knee*. 2017;24(1):91-99. doi: 10.1016/j.knee.2016.11.002.
  14. Leroux B., Aparicio G., Fontanin N., Ohl X., Madi K., Dehoux E. et al. Arthrodesis in septic knees using a long intramedullary nail: 17 consecutive cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(4):399-404. doi: 10.1016/j.otsr.2013.03.011.
  15. Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Бурнашов С.И., Ермаков А.М. Результат артропластики коленного сустава после септического артрита методом биллокального компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову с костной пластикой надколенником (случай из практики). *Гений ортопедии*. 2014;(4):89-92. Kliushin N.M., Ababkov Iu.V., Burnashov S.I., Ermakov A.M. [The result of the knee arthroplasty after septic arthritis using the technique of bilocal compression-distraction osteosynthesis according to Ilizarov and osteoplasty with the patella (a case report)]. *Genij Ortopedii*. 2014;(4):89-92. (In Russian).
  16. Ключин Н.М., Шляхов В.И., Чакушиш Б.Э., Злобин А.В., Бурнашов С.И., Абабков Ю.В. и др. Чрескостный остеосинтез в лечении больных хро-

- ническим остеомиелитом после эндопротезирования крупных суставов. *Гений Ортопедии*. 2010;(2):37-43.
- Kliushin N.M., Shliakhov V.I., Chakushin B.E., Zlobin A.V., Burnashov S.I., Ababkov Yu.V. et al. [Transosseous osteosynthesis in treatment of patients with chronic osteomyelitis after large joint endoprosthesis]. *Genij Ortopedii*. 2010;(2):37-43. (In Russian).
17. Garberina M.J., Fitch R.D., Hoffmann E.D., Hardaker W.T., Vail T.P., Scully S.P. Knee arthrodesis with circular external fixation. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(382):168-178. doi: 10.1097/00003086-200101000-00023.
18. Klinger H.M., Spahn G., Schultz W., Baums M.H. Arthrodesis of the knee after failed infected total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005;14(5):447-453. doi: 10.1007/s00167-005-0664-3.
19. Chen A.F., Kinback N.C., Heyl A.E., McClain E.J., Klatt B.A. Better function for fusions versus above-the-knee amputations for recurrent periprosthetic knee infection. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(10):2737-2745. doi: 10.1007/s11999-012-2322-7.
20. Corona P.S., Hernandez A., Reverte-Vinaixa M.M., Amat C., Flores X. Outcome after knee arthrodesis for failed septic total knee replacement using a monolateral external fixator. *J Orthop Surg*. 2013;21(3):275-280. doi: 10.1177/230949901302100302.
21. Parvizi J., Rothman R.H., Wiesel S.W. (ed.). *Operative Techniques in Adult Reconstruction Surgery*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011. 336 p.
22. Wood J.H., Conway J.D. Advanced concepts in knee arthrodesis. *World J Orthop*. 2015;6(2):202-210. doi: 10.5312/wjo.v6.i2.202.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Соломин Леонид Николаевич* — д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения лечения травм и их последствий, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры общей хирургии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>

*Шепкина Елена Андреевна* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения лечения травм и их последствий, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; доцент кафедры ОВП и кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6132-0305>

*Корчагин Константин Леонидович* — канд. мед. наук, лаборант-исследователь отделения лечения травм и их последствий, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8354-1950>

*Сабиров Фаниль Камилжанович* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0307-0771>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Leonid N. Solomin* – Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Professor of the Surgery Chair Medical Faculty, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>

*Elena A. Shchepkina* — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6132-0305>

*Konstantin L. Korchagin* — Cand. Sci. (Med.), Researcher Assistant, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8354-1950>

*Fanil K. Sabirov* — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0307-0771>

## Планирование сложных ревизионных операций эндопротезирования с использованием отложенных телеконсультаций

М.В. Белов<sup>1,2</sup>, С.В. Рассамахин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьева», г. Ярославль, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ярославль, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Увеличение количества ревизионных операций — неминуемый исход роста первичных артропластик. Несоввершенство эндопротезов и несвоевременное обращение пациентов значительно увеличивают число сложных ревизионных вмешательств. Обширные дефекты кости после удаления нестабильной имплантатной системы заставляют задуматься о методе компенсации их и способах фиксации эндопротеза. **Цель исследования** — оценить современные возможности телекоммуникаций между медицинскими учреждениями, направленные на повышение качества предоперационного планирования сложных реконструктивных операций. **Материал и методы.** В исследование вошли 13 пациентов, которым в областном ортопедическом отделении выполнялись ревизионные вмешательства по поводу нестабильности эндопротезов на фоне обширных костных дефектов с использованием отложенных телеконсультаций. **Результаты.** В 12 наблюдениях операции выполнены согласно рекомендациям, полученным от специалистов НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена. В одном случае основным вариантом выбора конструкции была индивидуальная система, но предоперационный план был изменен в пользу стандартных ревизионных компонентов. Краткосрочные результаты операций расценены как удовлетворительные. **Заключение.** Использование современных технологий для предоперационного планирования позволяет более точно определить показания для выбора металлоконструкции. В особо сложных случаях возникает необходимость использования индивидуальных имплантатов. Верный окончательный выбор зависит от качественного предоперационного планирования и эффективного взаимодействия медицинских учреждений различного уровня.

**Ключевые слова:** ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава, эндопротезирование коленного сустава, индивидуальный имплантат, телемедицина, предоперационное планирование.

Белов М.В., Рассамахин С.В. Планирование сложных ревизионных операций эндопротезирования с использованием отложенных телеконсультаций. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):119-129. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-119-129.

**Cite as:** Belov M.V., Rassamakhin S.V. [Complex Revision Arthroplasty Planning with Telemedicine Expert Advice]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):119-129. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-119-129.

Белов Михаил Викторович / Mikhail V. Belov; e-mail: micbelov@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 15.03.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 21.05.2020.

## Complex Revision Arthroplasty Planning with Telemedicine Expert Advice

M.V. Belov<sup>1,2</sup>, S.V. Rassamakhin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Clinical Emergency Hospital named after N.V. Solovyov, Yaroslavl, Russian Federation

<sup>2</sup> Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** An increase in the number of revisions is an inevitable consequence of the growth of primary arthroplasty number. The imperfection of implants and the lag in patient's seeking medical help significantly increase the number of complex revisions. Extensive bone defects after removal of an unstable implant urge us to think about the better methods of these defects compensation and implants fixation. **The purpose** — was to assess the modern telemedicine opportunities for improving the preoperative planning of the complex revision arthroplasties. **Materials and Methods.** The study comprised 13 patients undergone revisions for implant instability in a regional orthopedic department using telemedicine differed advices including 11 hip and 2 knee arthroplasties. All patients had extensive bone defects. **Results.** In 12 cases, the surgeries were performed according to the recommendations from the experts of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation. In one case, an individual system had been proposed as the main choice, but the preoperative plan was changed in favor of standard revision components. The short-term results of the surgeries were assessed as satisfactory. **Conclusion.** The use of modern information technologies for preoperative planning makes it possible to more accurately determine the indications for choosing implants. In particularly difficult cases, it becomes necessary to use individual implants. The right final choice depends on high-quality preoperative planning and effective interaction among medical hospitals of various levels.

**Keywords:** revision arthroplasty, telemedicine, hip arthroplasty, knee arthroplasty, individual implant, preoperative planning.

### Введение

Тенденция последних лет к увеличению количества первичных артропластик крупных суставов привела к значительному росту ревизионных вмешательств [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Немаловажным фактором этого являются нередко необоснованные показания к эндопротезированию и увеличение числа клиник, где оно проводится [7, 8]. Доля сложных ревизий в общем объеме повторных операций постепенно начинает увеличиваться. Это связано, с одной стороны, с несовершенством эндопротезов и давностью их имплантации, с другой стороны — с несвоевременной обращаемостью пациентов к ортопеду и попытками консервативной терапии возникшего болевого синдрома в поликлинике по месту жительства. Таким образом, когда пациент все-таки обращается за медицинской помощью, мы наблюдаем уже достаточно разрушенный эндопротез и значительные дефекты кости, в которую он установлен.

На сегодняшний день рынок ортопедической продукции многообразен и располагает различными системами, которые в большинстве случаев позволяют реализовать замысел хирурга и гарантировать успех операции [9, 10, 11]. Но, вследствие

агрессивности продуктов износа и макронеадекватности компонентов эндопротеза, иногда в течение длительного времени, возможно образование костных дефектов, компенсировать которые стандартными ревизионными системами невозможно. Единственным вариантом решения в данной ситуации является, пожалуй, использование индивидуальных конструкций [12, 13].

В Клинической больнице скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьева (Ярославль) ежегодно выполняется около 1200 операций эндопротезирования тазобедренного, коленного и плечевого суставов. Доля ревизий увеличилась с 4,84% в 2017 г. до 5,61% в 2019 г. При этом количество сложных ревизий, сопровождающихся большими костными дефектами, также растет. Компенсация дефектов кости и надежная фиксация компонентов эндопротеза — основные задачи ревизионного вмешательства [13]. Поэтому от тщательного планирования зависит успех каждой ревизионной операции.

**Цель исследования** — оценить современные возможности телекоммуникаций между медицинскими учреждениями, направленные на повышение качества предоперационного планирования сложных реконструктивных операций.



## Материал и методы

### Дизайн исследования

Одноцентровое наблюдательное.

В ортопедическом отделении ГАУЗ ЯО «КБ СМП им. Н.В. Соловьёва» с 2017 по 2019 г. выполнено 13 ревизионных вмешательств с использованием возможностей отложенной телемедицинской консультации: у 11 пациентов выполнено планирование операции на тазобедренном суставе, у 2 — на коленном суставе.

При планировании ревизионных вмешательств пациентам выполнялись рентгенограммы в стандартных проекциях, телерентгенограммы нижних конечностей и КТ в режиме подавления металлических артефактов. По результатам обследования, если была необходимость в удаленной консультации, мы отправляли полученные данные лучевой диагностики пациенту специалисту федерального центра по защищенным каналам ВЦМК «Защита».

В 2017 г. для обмена информацией и более эффективного взаимодействия с НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена между клиниками была создана интернет-площадка, куда передавалась вся необходимая обезличенная информация по лучевому обследованию пациента для анализа. Суть сотрудничества заключалась в удаленной консультации при планировании сложных ревизионных случаев. Специалистами центра осуществлялась очистка изображения от металлических артефактов, создание объемной компьютерной модели сустава, при необходимости печать модели из пластика, формирование отчета-рекомендаций по выполнению операции с учетом индивидуальных особенностей пациента.

### Результаты

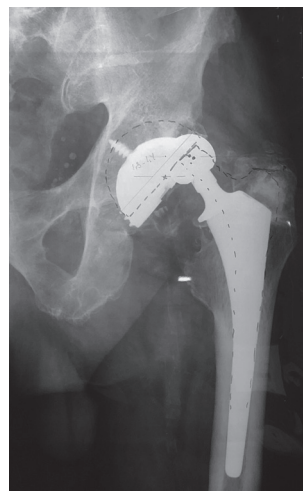
В 12 случаях (92,3%) операции выполнены согласно рекомендациям специалистов НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена. У одного пациента выбор имплантата отличался от предложенного во время телеконсультации. У всех пациентов отмечено полное совпадение локализации, распространенности и размеров дефекта при планировании и интраоперационно. Краткосрочные результаты всех операций удовлетворительные. Наблюдение пациентов продолжается.

Приводим несколько клинических примеров.

#### Клинический пример 1

Пациент 82 лет лечился консервативно по поводу двустороннего диспластического коксартроза 3-й стадии. В 2001 г. ему было выполнено тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава эндопротезом системы ЭСИ. Послеоперационный период протекал

без осложнений, выписка из стационара на 12-е сутки, заживление раны первичное, функция сустава восстановлена. Пациент самостоятельно передвигался с дозированной нагрузкой и последующим переходом на полную согласно рекомендациям. В 2017 г. у пациента возникли боли при ходьбе и осевой нагрузке. Лечился по месту жительства консервативно. Болевой синдром прогрессировал. В 2018 г. после резкого усиления боли пациент был направлен на консультацию. При осмотре отмечалась боль при осевой нагрузке, движениях, выраженная функциональная недостаточность сустава (оценка по NHS 30 баллов), укорочение левой нижней конечности около 2 см. Активность пациента снизилась из-за болевого синдрома, передвигался только по дому с тростью. При планировании ревизионного вмешательства были выполнены рентгенография тазобедренного сустава (рис. 1), КТ сустава, исследования для исключения перипротезной инфекции (ППИ). По результатам комплексного обследования проведена отложенная телеконсультация с НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена. Получены рекомендации специалистов по проведению вмешательства и объемная пластиковая модель для более точного предоперационного планирования (рис. 2). Оценка дефекта тазовой кости — тип 2С по W.G. Paprosky.



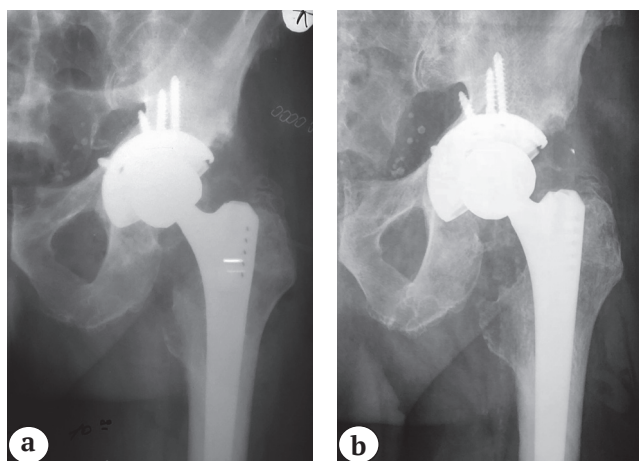
**Рис. 1.** Рентгенограмма пациента 82 лет перед операцией ревизионного эндопротезирования левого тазобедренного сустава. Определяются полный износ полиэтиленового вкладыша, контакт металлических частей эндопротеза, формирование обширной гранулемы, разрушающей периацетабулярную область и проксимальный отдел бедренной кости

**Fig. 1.** X-ray of an 82-year-old patient before revision left hip arthroplasty. The complete wear of the polyethylene liner, the contact of the metal parts of the implant, the formation of an extensive granuloma that destroyed the periacetabular area and the proximal femur



**Рис. 2.** Объемная пластиковая модель таза отражает наличие кавитарного дефекта медиальной стенки вертлужной впадины с истончением и перфорацией ее дна. Костные структуры остальной части кольца вертлужной впадины изменены незначительно

**Fig. 2.** The volumetric plastic model of the pelvis reflects the presence of the cavitory defect in the acetabular medial wall with thinning and perforation of the acetabular bottom. The bone structures of the rest of the acetabular ring are slightly changed



**Рис. 3.** Рентгенограммы пациента 82 лет: а — сразу после операции: восстановлен нормальный центр ротации и длина конечности; вертлужный компонент фиксирован во всех зонах Charnley-Delee; ревизионный бедренный компонент Zweimuller надежно фиксирован в канале бедренной кости;

б — через 12 мес. после операции: позиция компонентов соответствует послеоперационным рентгенограммам, признаков расшатывания нет

**Fig. 3.** X-rays of an 82-years-old patient: a — immediately after the operation: the normal center of rotation and the length of the limb were restored; the acetabular component was fixed in all Charnley-Delee zones; the revision femoral component Zweimuller was securely fixed in the femoral canal; b — in 12 months after the surgery: the position of the components corresponds to the postoperative X-rays, there are no signs of loosening

Интраоперационно выявлен значительный износ полиэтиленового вкладыша, выраженный металлоз окружающих тканей, вследствие прямого контакта головки с чашкой, признаков инфекции не было. Компоненты эндопротеза нестабильны, удалены без значительных технических сложностей и потери костной ткани. После мобилизации вертлужной впадины размер истинного дефекта соответствовал предполагаемому.

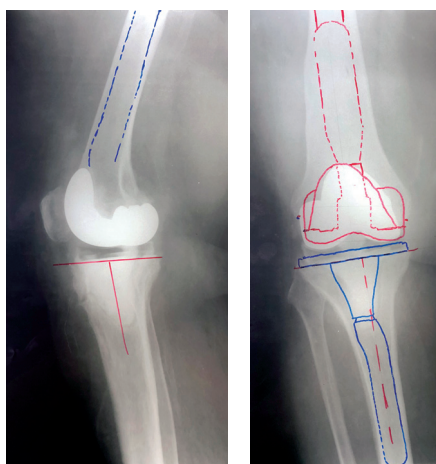
При сохраненных стенках впадины и опорной части крыши был установлен полусферический вертлужный компонент с мультивинтовой фиксацией и замещен аллокостью дефект дна вертлужной впадины (рис. 3 а).

Пациент активирован на вторые сутки после операции, разрешена дозированная нагрузка на оперированную ногу. Послеоперационный период протекал без осложнений, заживление раны первичное. Пациент выписан из стационара на 13-й день после операции. Осмотр пациента в послеоперационном периоде выполняли через 3, 6, 12 мес. (рис. 3 б). Передвигался самостоятельно, иногда используя трость для длительных прогулок. Боли при осевой нагрузке и движениях нет, объем движений значительно увеличился, функция сустава восстановлена (оценка по NHS 79 баллов).

### Клинический пример 2

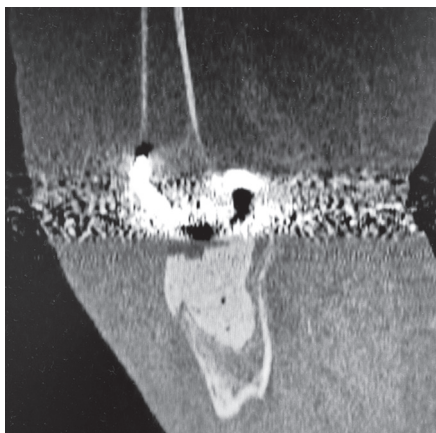
Пациентка 63 лет. Диагноз: остеоартрит правого коленного сустава. С 2009 г. получала длительное консервативное лечение без значительного эффекта. В 2013 г. было выполнено тотальное эндопротезирование правого коленного сустава. Послеоперационный период протекал без особенностей. В начале 2018 г. пациентка обратилась с жалобами на гипертермию, боли в оперированном суставе, гиперемию и наличие свища в области послеоперационного рубца. Пациентка обследована в клинике, выставлен диагноз хронической ППИ. Сопутствующая патология: гипертоническая болезнь III, риск 4. Сахарный диабет второго типа, инсулинпотребный. (целевой уровень  $HbA1c \leq 7\%$ ). Ожирение III ст. (ИМТ 50,5  $kg/m^2$ ). Жировой гепатоз. Послеоперационный гипотиреоз, медикаментозно компенсированный. Варикозная болезнь вен нижних конечностей. Принято решение о двухэтапном лечении. В мае 2018 г. выполнено удаление эндопротеза правого коленного сустава, установка артикулирующего спейсера. Интраоперационный посев выявил рост *Staphylococcus aureus*, чувствительный к антибиотикам цефалоспоринового ряда, пенициллинового ряда и многим антибиотикам резерва. Послеоперационный период протекал без осложнений, заживление раны первичное, швы сняты на 14-й день. Пациентка выписана на амбулаторное лечение, разрешена ходьба с дозированной нагрузкой с костылями. Функционально отмечалось ограничение сгибания и разгибания, но осевая нагрузка была возможна. Болезненность умеренная, при необходимости эффективно купировалась обезболивающими препаратами. Наблюдение согласно рекомендациям при выписке.

Спустя 11 мес. после установки артикулирующего спейсера пациентка поступила на второй этап лечения. При поступлении в клинику: болевой синдром умеренно выражен при осевой нагрузке и движениях, пациентка передвигалась самостоятельно с костылями, функция сустава снижена (оценка по KSS 51 балл). Область послеоперационного рубца чистая, гиперемии нет, незначительная болезненность при движениях. В общем анализе крови лейкоцитоза нет, СОЭ в пределах нормы, С-реактивный белок 9,6 мг/л. Выполнены стандартная рентгенография коленного сустава и КТ. Анализ КТ выявил наличие костного дефекта метафиза и передней стенки проксимального отдела большеберцовой кости AORI II A (рис. 4, 5).



**Рис. 4.** Рентгенограммы пациентки 63 лет в боковой и прямой проекциях после установки артикулирующего спейсера правого коленного сустава: имеются эпиметафизарные дефекты бедренной и большеберцовой костей

**Fig. 4.** X-ray of a 63-year-old female patient in lateral and frontal planes after the right knee articulating spacer placement, there are epimetaphyseal defects of the femur and the tibia



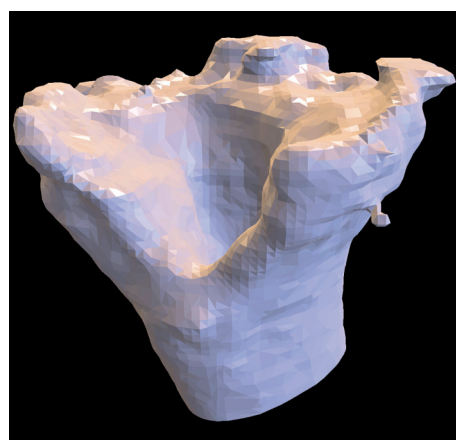
**Рис. 5.** Дефект метафиза большеберцовой кости AORI 2a

**Fig. 5.** Metaphysis defect AORI 2a of the tibia

Проведена отложенная телеконсультация с НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, выполнено компьютерное моделирование (рис. 6). Получены рекомендации по проведению вмешательства и объемная пластиковая модель большеберцовой кости для более точного предоперационного планирования (рис. 7). С целью замещения центрального дефекта большеберцовой кости рекомендовано применение метафизарного танталового конуса.

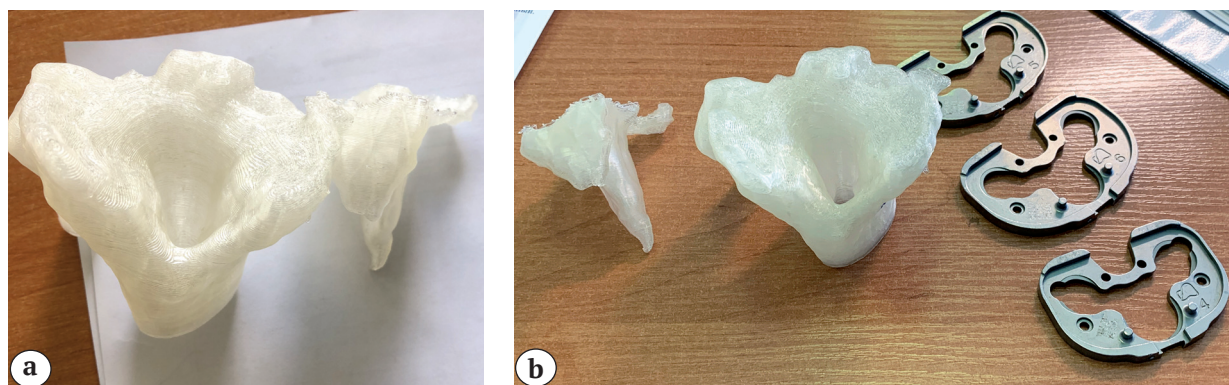
В апреле 2019 г. выполнен второй этап лечения — удален артикулирующий спейсер, установлена запланированная ревизионная система (рис. 8 а). Активизация пациентки на третьи сутки. Послеоперационный период без осложнений, заживление раны первичным натяжением. На момент выписки пациентка самостоятельно передвигалась с костылями, болевой синдром не выражен. Функция сустава: разгибание полное, активное сгибание — 90°. Результаты интраоперационно взятых посевов роста микроорганизмов не выявили. Лабораторные показатели: лейкоцитоза нет, уровень СОЭ в пределах нормы, С-реактивный белок — 2,2 мг/л.

Пациентка осмотрена через 2, 4, 9 мес. после операции. Во время последнего осмотра ходила самостоятельно без средств дополнительной опоры. Функция сустава: полное разгибание, сгибание до 110° (оценка по KSS — 87 баллов) (рис. 8 б). Болевой синдром не беспокоил. Наблюдение продолжается.



**Рис. 6.** Компьютерное моделирование проксимального отдела большеберцовой кости: эпиметафизарный дефект, требующий реконструкции

**Fig. 6.** The computer modeling of the proximal tibia: epimetaphyseal defect requiring reconstruction



**Рис. 7.** Пластиковая модель большеберцовой кости:

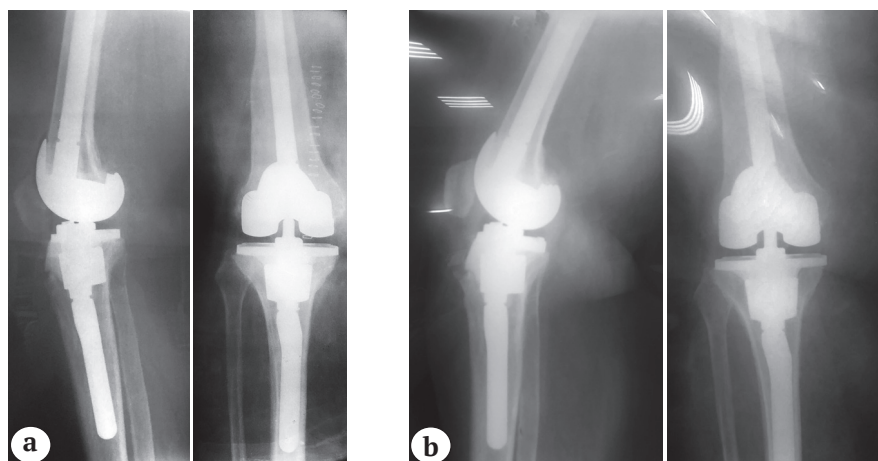
а — вид сверху дефекта центральной части метафиза большеберцовой кости;

б — этап предоперационного планирования с подбором размера и положения большеберцового компонента

**Fig. 7.** The plastic model of the tibia:

а — top view of the defect in the central part of the tibial metaphysis;

б — the stage of preoperative planning with the selection of the size and position of the tibial component



**Рис. 8.** Рентгенограммы пациентки 63 лет после операции:

а — установлен VVC ревизионный эндопротез коленного сустава с замещением дефекта метафиза большеберцовой кости конусом из тантала и дополнительной бесцементной внутриканальной фиксацией обоих компонентов эндопротеза;

б — через 9 мес. после операции: компоненты ревизионного эндопротеза стабильны

**Fig. 8.** X-rays of the 63-years-old female patient after the surgery:

а — a VVC revision knee implant was placed; the tibial metaphysis defect was filled with a tantalum cone and additional cementless intracanal fixation of both components of the endoprosthesis;

б — in 9 months after the surgery: the components of the revision endoprosthesis are stable

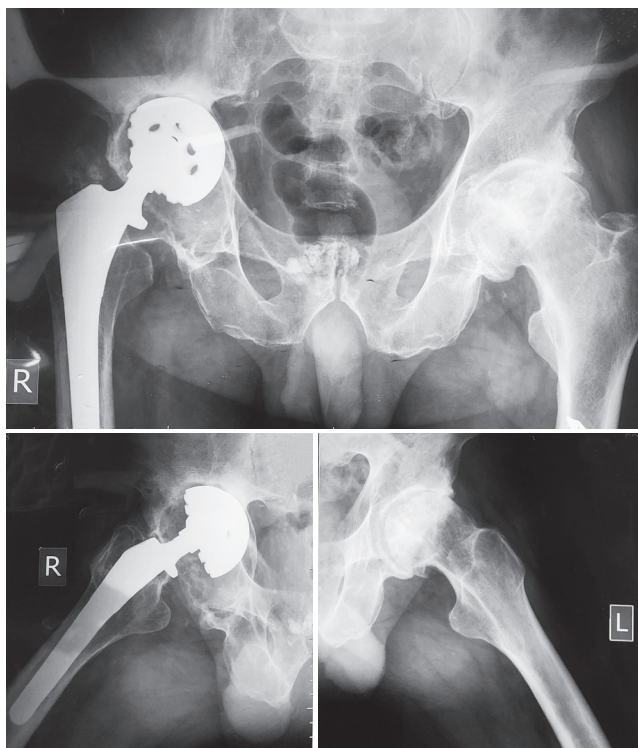
### *Клинический пример 3*

Пациент 57 лет. В 1999 г. был поставлен диагноз: асептический некроз головки правой бедренной кости. В 2001 г. выполнено замещение правого тазобедренного сустава эндопротезом бесцементной фиксации. Выписка пациента на 9-е сутки, болевой синдром не беспокоил, функция сустава восстановлена, заживление раны первичное, швы сняты полностью.

Пациент в течение первого года после операции наблюдался согласно рекомендациям при выписке, далее на визиты не являлся, связь с ним была потеряна. С 2011 г. его стали беспокоить боли в правом тазобедренном суставе. Наблюдался в поликлинике по месту жительства, принимал обезболивающие препараты. В 2018 г. пациент отметил значительное усиление болевого синдрома и прогрессирующее укорочение правой

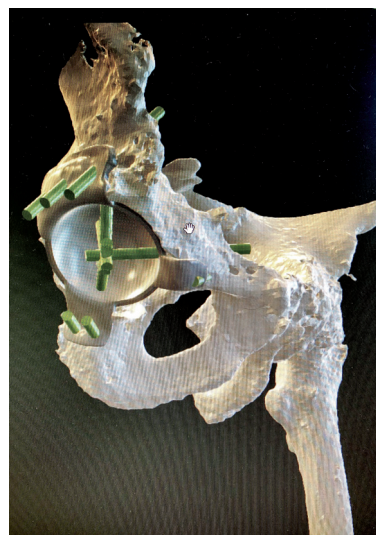
нижней конечности. На осмотре отмечались боли в тазобедренном суставе при осевой нагрузке, движениях, значительное снижение функции сустава (оценка по NHS — 33 балла), укорочение правой нижней конечности до 3,5 см. На стандартных рентгенограммах признаки нестабильности вертлужного компонента с его дислокацией вверх и медиально, формирование дефекта вертлужной впадины типа 2B по Paprosky (рис. 9).

Выполнена КТ правого тазобедренного сустава. Проведена телеконсультация с НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, выполнено компьютерное моделирование. Получены рекомендации по проведению вмешательства и объемная пластиковая модель таза для более точного предоперационного планирования. Специалистами НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в качестве решения операционной задачи был предложен кастомизированный вариант конструкции (рис. 10). Но в силу локальных особенностей было принято решение отказаться от данного варианта в пользу использования стандартных имплантатов.



**Рис. 9.** Рентгенограммы пациента 57 лет при поступлении. Вертлужный компонент нестабилен, дистопирован медиально и кверху. Центр ротации смещен более чем на 3 см, дефект вертлужной впадины типа 2B по Paprosky

**Fig. 9.** X-rays of a 57-year-old patient on admission. The acetabular component is unstable, displaced medially and upward. The center of rotation is displaced by more than 3 cm, Paprosky type 2B acetabular defect



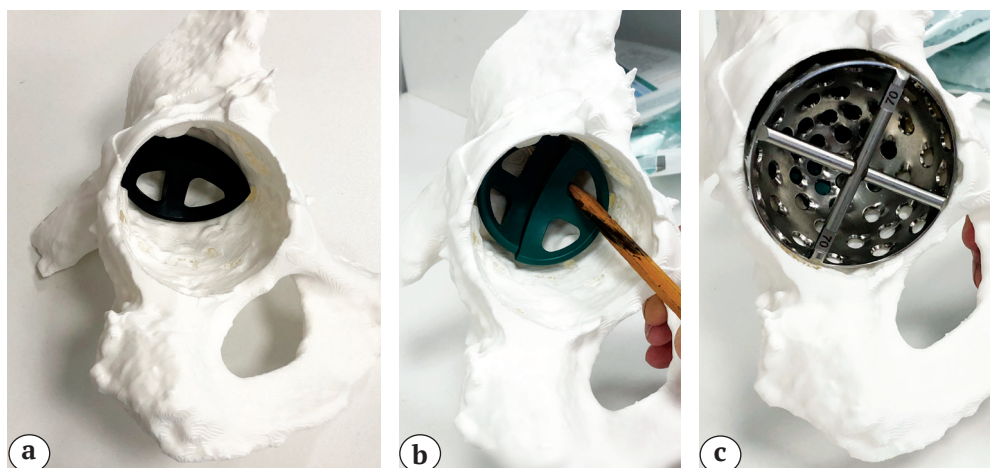
**Рис. 10.** Макет кастомизированного имплантата для правой вертлужной впадины с вариантом фиксации и направлением винтов

**Fig. 10.** Model of the customized implant for the right acetabulum with fixation option and screw direction

Было выполнено предоперационное планирование на пластиковой модели с учетом дефекта таза, выбран вариант использования двух стандартных секторальных танталовых аугментов скрепленных между собой (методика Footings) и полусферического вертлужного компонента с танталовым покрытием (рис. 11).

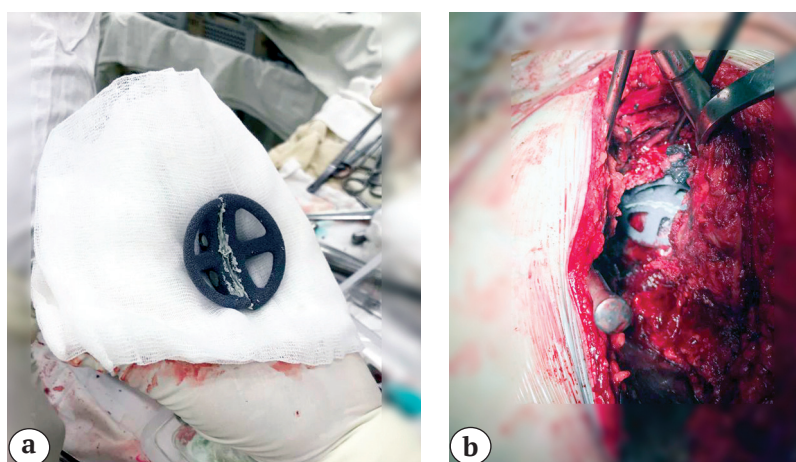
Интраоперационно вертлужный компонент макронеустойчив, удален без технических сложностей, а костный дефект соответствовал таковому на объемной пластиковой модели таза. Компенсация дефекта двумя стандартными секторальными танталовыми аугментами, вертлужный компонент с танталовым покрытием, конический ревизионный бедренный компонент (рис. 12).

Пациент был активизирован на следующий день после операции. Послеоперационный период протекал без осложнений, заживление раны первичное, выписан на 13-й день после операции. На момент выписки болевой синдром не беспокоил, пациент ходил с дозированной нагрузкой на оперированную ногу. Функция сустава восстановлена (оценка по NHS — 60 баллов) (рис. 13).



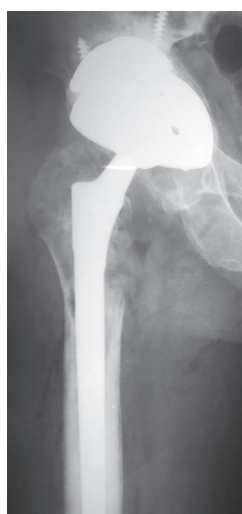
**Рис. 11.** Предоперационное планирование на пластиковой модели с подбором количества, положения секторальных аугментов, выбором размера и положения полусферического вертлужного компонента:  
 a – моделирование замещения области дефекта одним аугментом;  
 b – установка двух аугментов; c – окончательное моделирование

**Fig. 11.** Preoperative planning on a plastic model with the selection of the number, position of sectoral augments, size and position of the hemispherical acetabular component:  
 a – modeling of the defect area filling with one augment;  
 b – placement of two augments; c – final solution



**Рис. 12.** Интраоперационная подготовка и позиционирование аугментов.  
 a – скрепленные два стандартных секторальных танталовых аугмента;  
 b – установленные аугменты в область дефекта вертлужной впадины по методике Footings

**Fig. 12.** Intraoperative preparation a – fastened two standard sectoral tantalum augments;  
 b – placed augments in the acetabular defect area according to the Footings technique



**Рис. 13.** Рентгенограмма пациента 57 лет после операции. Костный дефект вертлужной впадины замещен двумя секторальными аугментами, установлен полусферический вертлужный компонент, фиксированный дополнительно винтами. В качестве бедренного компонента использована коническая ревизионная ножка Wagner SL

**Fig. 13.** X-ray of a 57-year-old patient after the surgery. The acetabulum bone defect was filled with two sectoral augments, a hemispherical canal component was placed and fixed with screws. The conical Wagner SL revision stem was used as a femoral component

## Обсуждение

Что же такое телемедицина, чем она может быть нам полезна и в каких вариантах она актуальна для нашей работы? Развитие доступности высокотехнологичной медицинской помощи является следствием ее воспроизводимости. Постепенное тиражирование операций эндопротезирования крупных суставов из крупных специализированных центров в учреждения практического здравоохранения должно снижать затраты, увеличивать эффективность и сокращать сроки оказания помощи. В данном контексте телемедицина становится серьезной подмогой для врачей, столкнувшихся с тяжелой патологией.

По мнению американской ассоциации телемедицины, «предмет телемедицины заключается в передаче медицинской информации между удаленными друг от друга пунктами, где находятся пациенты, врачи, другие провайдеры медицинской помощи, между отдельными медицинскими учреждениями. Телемедицина подразумевает использование телекоммуникаций для связи медицинских специалистов с клиниками, больницами, врачами, оказывающими первичную помощь, пациентами, находящимися на расстоянии, с целью диагностики, лечения, консультации и непрерывного обучения»\*. Но также в литературе можно встретить и иное понимание телемедицины, которое представляет собой не самостоятельную отрасль медицины, а технологию оказания медицинских услуг с использованием телекоммуникаций [14].

ВОЗ определяет понятие «телемедицина» как предоставление услуг здравоохранения в условиях, когда расстояние является критическим фактором, работниками здравоохранения, использующими информационно-коммуникационные технологии для обмена необходимой информацией в целях диагностики, лечения и профилактики заболеваний и травм, проведения исследований и оценок, а также для непрерывного образования медицинских работников в инте и нет ссылокисесах улучшения здоровья населения и развития местных сообществ. Также в некоторых источниках можно встретить определение телемедицины как отрасли медицины, использующая телекоммуникационные и электронные технологии для предоставления медицинской помощи и услуг в сфере здравоохранения [15].

В литературе можно встретить много публикаций об использовании телемедицины или телекоммуникативных технологий в различных отраслях медицины: неврологии, нейрохирургии, психиатрии, онкологии, гинекологии. Основной целью использования телемедицины было снижение затрат на лечение и повышение эффективности и доступности помощи [16, 17, 18, 19, 20, 21]. При этом

в одной части публикаций речь идет именно о доступности помощи и соответственно ее большей эффективности, другая часть убедительно доказывает снижение стоимости лечения конкретного пациента при неизменном качестве лечения [19, 21].

Предпосылками развития и актуализации этого направления в нашем случае может являться большая территория страны и низкая плотность населения в отдельных ее регионах, а также существующие различия в финансировании региональных систем здравоохранения на душу населения, местами низкая доступность специализированной и высокотехнологичной медицинской помощи [16, 22].

Не случайно Минздрав России возложил на Национальные медицинские исследовательские центры функцию оказания консультативной помощи врачам учреждений практического здравоохранения путем отложенных и экстренных консультаций, а в случае крайней необходимости обсуждения проблемы в режиме реального времени.

В нашей работе мы хотели бы в первую очередь обсудить необходимость и целесообразность формирования «отлаженной связи» между крупным федеральным специализированным медицинским ортопедическим центром, имеющим значительный опыт, лучшее техническое оснащение и готовность взять на себя определенную часть ответственности за принятие окончательного решения и региональным центром эндопротезирования, который в силу сложившейся практики должен выполнять помимо стандартных ревизионных сложные реконструктивные вмешательства, требующие компьютерного анализа и моделирование предстоящей операции, использования нестандартных решений и индивидуально изготовленных имплантатов.

Наиболее подходящим видом телекоммуникационного общения для применения в нашей практике стала отложенная телеконсультация, которая действительно показала высокую практическую эффективность, без больших экономических затрат для ее организации. Однако, и консультации в режиме реального времени или синхронные телеконсультации могут оказаться востребованными при проведении сложных хирургических вмешательств, когда решение должно приниматься немедленно, и когда более опытный врач дистанционно контролирует действия менее опытного коллеги. Кроме того, наиболее сложные случаи могут обсуждаться консилиумом врачей из разных медицинских центров. Считается, что дистанционная видеоконсультация гораздо дешевле физического посещения пациентом врача — в зависимости от расстояния между пунктами соотношение затрат может составлять до 50 раз в пользу телемедицины.

Еще одним вариантом телекоммуникационных технологий является телеобучение, благодаря использованию которого у врача появилась реальная

\* <http://www.americantelemed.org>

возможность непрерывного профессионального образования без отрыва от места работы.

Таким образом, подход к планированию сложных ревизий в настоящее время изменился и использование современных технологий позволяет иметь достаточно предсказуемый вариант выбора решения как на дооперационном этапе, так и в ходе операции, учитывая высокую точность определения величины и локализации дефекта кости. Использование индивидуальных конструкций в реконструктивной хирургии сложных дефектов кости при ревизионной артропластике отличная альтернатива стандартным модульным конструкциям со всевозможными компенсирующими системами, а также использованием ауто- и аллогraftов. Однако стоит отметить, что как бы не была привлекательна идея одной системой компенсировать имеющийся дефект кости, все-таки пока не так много достоверных данных о длительных наблюдениях пациентов с установленными кастомизированными имплантатами, и по данным некоторых авторов имеется повышенный риск перипротезной инфекции [23].

Цель отложенных телеконсультаций в нашей практике — это, прежде всего, обмен информацией со специалистами, имеющими большой опыт планирования сложных ревизионных вмешательств. В результате мы получаем консолидированное мнение обеих сторон взаимодействия с вариантом решения клинической задачи у конкретного пациента. Анализируя результаты компьютерной обработки полученных изображений, оценивая объемную пластиковую модель области предстоящего вмешательства и проводя с их помощью предоперационное планирование, проще принять продуманное и взвешенное решение о характере предстоящего вмешательства, возможности использования стандартных ревизионных систем или необходимости изготовления индивидуальных конструкций.

Уже сейчас, ссылаясь на наш небольшой опыт подобных телеконсультаций, можно сказать, что последние эффективно расширяют возможности качественного предоперационного планирования, что в конечном итоге повышает вероятность успешной операции.

#### Этика публикации

Пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

#### Конфликт интересов: не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

Белов М.В. — разработка концепции и дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

Рассамахин С.В. — проведение исследований, обзор публикаций по теме статьи, проведение исследований, подготовка текста.

#### Литература [References]

1. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Денисов А.О., Ахмедиллов М.А., Черный А.Ж., Тотоев З.А. и др. Что изменилось в структуре ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава в последние годы? *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):9-27. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Denisov A.O., Akhmedilov M.A., Cherny A.Z., Totoev Z.A. et al. [What Has Changed in the Structure of Revision Hip Arthroplasty?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(4):9-27. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-9-27.
2. Gwam C.U., Mistry J.B., Mohamed N.S., Thomas M., Bigart K.S., Mont M.A., Delanois R.E. Current epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States: National Inpatient Sample 2009 to 2013. *J Arthroplasty*. 2017;32(7):2088-2092. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.046.
3. Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset. *J Bone Joint*. 2015;97-B(8):1076-1081. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170.
4. Kowalik T.D., DeHart M., Gehling H., Gehling P., Schabel K., Duweli P., Mirza A. The Epidemiology of Primary and Revision Total Hip Arthroplasty in Teaching and Nonteaching Hospitals in the United States. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016;24(6):393-398. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00596.
5. Yoon P.W., Lee Y.K., Ahn J., Jang E.J., Kim Y., Kwak H.S. et al. Epidemiology of hip replacements in Korea from 2007 to 2011. *J Korean Med Sci*. 2014;29(6):852-858. doi: 10.3346/jkms.2014.29.6.852
6. Bozic K.J., Kamath A.F., Ong K., Lau E., Kurtz S., Chan V. et al. Comparative Epidemiology of Revision Arthroplasty: Failed THA Poses Greater Clinical and Economic Burdens Than Failed TKA. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(6):2131-2138. doi: 10.1007/s11999-014-4078-8.
7. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Черный А.Ж., Муравьева Ю.В., Гончаров М.Ю. Данные регистра эндопротезирования тазобедренного сустава РНИИТО им Р.Р.Вредена за 2007–2012 гг. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(3):167-190. doi: 10.21823/2311-2905-2013--3-167-190. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Cherniy A.Z., Muravyeva Y.V., Goncharov M.Y. [Data of hip arthroplasty registry of Vreden Institute for the period 2007-2012 years]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(3):167-190. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2013--3-167-190.
8. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Денисов А.О., Билык С.С. Показания к ревизионному эндопротезированию тазобедренного сустава, планирование и техника ревизионной операции. В кн.: *Руководство по хирургии тазобедренного сустава*. Том II. Под ред. Р.М. Тихилова и И.И. Шубнякова. СПб. 2015. С. 285-350. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Denisov A.O., Bilyk S.S. Pokazaniya k revizionnomu endoprotezirovaniyu tazobedrennogo sustava, planirovanie i tekhnika revizionnoi operatsii. In:



- Rukovodstvo po khirurgii tazobedrennogo sustava*. Vol. II. R.M. Tikhilov, I.I. Shubnyakov (eds.). SPb., 2015. p. 285-350. (In Russian).
9. Мурылев В.Ю., Петров Н.В., Рукин Я.А., Елизаров П.М., Калашник А. Д. Ревизионное эндопротезирование вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2012;(1):20-25. Murylev V.Yu., Petrov N.V., Rukin Ya.A., Elizarov P.M., Kalashnik A.D. [Revision arthroplasty of acetabular component of hip prosthesis]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department of Traumatology and Orthopedics]. 2012;(1):20-25. (In Russian).
  10. Mígaud H., Common H., Girard J., Hutten D., Putman S. Acetabular reconstruction using porous metallic material in complex revision total hip arthroplasty: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(1S):S53-S61. doi: 10.1016/j.otsr.2018.04.030.
  11. Taunton, M.J., Fehring, T.K., Edwards P., Bernasek T., Holt G.E., Christie M.J. Pelvic Discontinuity Treated With Custom Triflange Component. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(2):428-434. doi: 10.1007/s11999-011-2126-1.
  12. Волокитина Е.А., Хабиб М.С.С. Эндопротезирование тазобедренного сустава при деформациях и дефектах вертлужной впадины (обзор литературы). *Уральский медицинский журнал*. Volokitina E.A., Habib M.S.S. [Total hip replacement in cases of acetabular bone defects and deformations (review)]. *Ural'skii meditsinskii zhurnal* [Ural Medical Journal]. 2018;(1):56-63. (In Russian).
  13. Коваленко А.Н., Джавадов А.А., Шубняков И.И., Бильк С.С., Денисов А.О., Черкасов М.А., Мидаев А.И., Тихилов Р.М. Среднесрочные результаты использования индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):37-46. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46. Kovalenko A.N., Dzhavadov A.A., Shubnyakov I.I., Bilyk S.S., Denisov A.O., Cherkasov M.A., Midaev A.I., Tikhilov R.M. [Mid-term Outcomes of Using Custom-Made Implants for Revision Hip Arthroplasty. Traumatology and Orthopedics of Russia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):37-46. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46.
  14. Бразовский К.С., Демкин В.П., Пеккер Я.С., Рязанцева Н.В. Технологии телемедицины — инструмент оптимизации ресурсов в здравоохранении. *Вестник науки Сибири*. 2012;2(3):117-122. Brazovskii K.S., Demkin V.P., Pekker Ya.S., Ryazantseva N.V. [Telemedicine technologies - a tool for optimizing resources in healthcare]. *Vestnik nauki Sibiri* [Siberian Journal of Science]. 2012;2(3):117-122. (In Russian).
  15. Владимирский А.В. Телемедицина. Донецк: Цифровая типография; 2011. С. 145. Vladimirsky A.V. [Telemedicine]. Donetsk: Tsifrovaya tipografiya; 2011. p. 145. (In Russian).
  16. Gowda G.S., Manjunatha N., Kulkarni K., Bagewadi V.I., Shyam R.P., Basavaraju V. et al. A Collaborative Tele-Neurology Outpatient Consultation Service in Karnataka: Seven Years of Experience From a Tele-Medicine Center. *Neurol India*. 2020;68(2):358-363. doi: 10.4103/0028-3886.280644.
  17. Caffery L.J., Taylor M., North J.B., Smith A.C. Tele-orthopaedics: A snapshot of services in Australia. *J Telemed Telecare*. 2017;23(10):835-841. doi: 10.1177/1357633X17732800.
  18. Devadula S., Langbecker D., Vecchio P., Tesiram J., Meiklejohn J., Benham H. Tele-Rheumatology to Regional Hospital Outpatient Clinics: Patient Perspectives on a New Model of Care. *Telemed J E Health*. 2020;26(7):912-919. doi: 10.1089/tmj.2019.0111.
  19. Yadav S.K., Jha C.K., Mishra S.K., Mishra A. Smartphone-Based Application for Tele-follow-up of Patients with Endocrine Disorders in Context of a LMIC: A Compliance, Satisfaction, Clinical Safety and Outcome Assessment. *World J Surg*. 2020;44(2):612-616. doi: 10.1007/s00268-019-05212-7.
  20. Gnirke A., Beckers S.K., Gort S., Sommer A., Schröder H., Rossaint R., Felzen M. [Analgesia in the emergency medical service: comparison between tele-emergency physician and call back procedure with respect to application safety, effectiveness and tolerance]. *Anaesthesist*. 2019;68(10):665-675. [In German]. doi: 10.1007/s00101-019-00661-0.
  21. Kadel R., Evans-Lacko S., Tramarin A., Stopazzolo G. Cost-Effectiveness of Tele-Video-Consultation for the Neuro-Surgical Emergency Management at the General Hospitals in Italy. *Front Neurosci*. 2018;12:908. doi: 10.3389/fnins.2018.00908.
  22. Перхов В.И., Кураева В.М., Киреев С.А., Балуюев Е.Е. О необходимости использования телеконсультаций при организации оказания высокотехнологичной медицинской помощи. *Врач и информационные технологии*. 2010;(1):21-29. Perkhov V.I., Kuraeva V.M., Kireev S.A., Baluev E.E. [The necessity of the use of teleconsultations at the organization of rendering of hi-tech medical aid]. *Vrach i informacionnye tehnologii* [Physicians and IT]. 2010;(1):21-29. (In Russian).
  23. Fröschen F.S., Randau T.M., Hischebeth G.T.R., Gravius N., Gravius S., Walter S.G. Mid-term results after revision total hip arthroplasty with custom-made acetabular implants in patients with Paprosky III acetabular bone loss. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(2):263-273. doi: 10.1007/s00402-019-03318-0.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Белов Михаил Викторович — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьева»; доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-3625>

Рассамахин Сергей Владимирович — врач травматолог-ортопед, ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьева», Ярославль, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0154-7465>

## AUTHORS' INFORMATION:

Mikhail V. Belov — Cand. Sci. (Med), Head of the Orthopedic Department, Clinical Emergency Hospital named after N.V. Solovyov; Associate Professor of Traumatology and Orthopedics Department, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-3625>

Sergey V. Rassamakhin — Orthopedic Surgeon, Clinical Emergency Hospital named after N.V. Solovyov, Yaroslavl, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0154-7465>

## Характеристика костной ткани при имплантации керамического материала на основе цирконата лантана в эксперименте

М.Ю. Измоденова<sup>1</sup>, М.В. Гилев<sup>1,2</sup>, М.В. Ананьев<sup>2</sup>, Д.В. Зайцев<sup>2,3</sup>, И.П. Антропова<sup>1,2</sup>, А.С. Фарленков<sup>2,3</sup>, Е.С. Тропин<sup>2,3</sup>, Е.А. Волокитина<sup>1</sup>, С.М. Кутепов<sup>1</sup>, Б.Г. Юшков<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup> ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

### Реферат

**Введение.** Керамика на основе цирконата лантана отличается оптимальными механическими характеристиками, низким коррозионным потенциалом и отсутствием цитотоксичности, поэтому в настоящее время изучается возможность ее применения в качестве остеозамещающего материала. **Цель исследования** — определить механические, морфологические, рентгеноспектральные характеристики костной ткани при имплантации керамического материала на основе цирконата лантана. **Материал и методы.** Эксперимент проведен на 27 линейных морских свинок, разделенных на 3 группы по 9 животных в каждой: в основной (ЦЛ) группе проводилась имплантация стержней из цирконата лантана, в группе сравнения фиксация производилась аналогичным стержнем из  $\beta$ -ТКФ, в группе нативного контроля (НК) хирургические манипуляции не проводились. Перелом создавался в области дистального метадиафиза бедренной кости методом открытой остеоклазии. Животные выводились из эксперимента через 4, 10 и 25 нед. после его начала. Исследованы особенности костной ткани перифокальной области. Использовали метод одноосного сжатия, метод растровой электронной микроскопии (РЭМ), метод рентгеновского спектрального микроанализа. Статистический анализ проводили с использованием критерия Манна – Уитни. **Результаты.** Архитектоника новообразованной кости в группе ЦЛ представляла собой развитую лакунарно-канальцевую сеть, компоненты структуры внеклеточного матрикса ориентированы вдоль векторов функциональной нагрузки кости. Соотношение Са/Р в периимплантной области кости в группе ЦЛ было существенно выше, чем в группах  $\beta$ -ТКФ и НК, что может свидетельствовать о высокой прочности новообразованной кости. Механические испытания показали, что система «цирконат лантана — кость» при одноосном сжатии превышает по прочности неповрежденную костную ткань и имеет лучшие показатели по сравнению с использованием  $\beta$ -ТКФ для армирования повреждения. **Заключение.** Синтезированный новый материал на основе цирконата лантана представляется перспективным для использования в травматологии и ортопедии, однако необходимы дополнительные исследования для оптимизации интеграции имплантатов из этого материала в костную ткань.

**Ключевые слова:** костная ткань, аугментация, керамика, цирконат лантана, механические свойства.

Измоденова М.Ю., Гилев М.В., Ананьев М.В., Зайцев Д.В., Антропова И.П., Фарленков А.С., Тропин Е.С., Волокитина Е.А., Кутепов С.М., Юшков Б.Г. Характеристика костной ткани при имплантации керамического материала на основе цирконата лантана в эксперименте. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):130-140. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-130-140.

**Cite as:** Izmodenova M.Yu., Gilev M.V., Ananyev M.V., Zaytsev D.V., Antropova I.P., Farlenkov A.S., Tropin E.S., Volokitina E.A., Kutepov S.M., Yushkov B.G. [Bone Tissue Properties after Lanthanum Zirconate Ceramics Implantation: Experimental Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):130-140. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-130-140.

✉ Измоденова Мария Юрьевна / Maria Yu. Izmodenova; e-mail: izmodenova96@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 30.12.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 14.04.2020.

## Bone Tissue Properties after Lanthanum Zirconate Ceramics Implantation: Experimental Study

M.Yu. Izmodenova<sup>1</sup>, M.V. Gilev<sup>1,2</sup>, M.V. Ananyev<sup>2</sup>, D.V. Zaytsev<sup>2,3</sup>, I.P. Antropova<sup>1,2</sup>, A.S. Farlenkov<sup>2,3</sup>, E.S. Tropin<sup>2,3</sup>, E.A. Volokitina<sup>1</sup>, S.M. Kutepov<sup>1</sup>, B.G. Yushkov<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of High Temperature Electrochemistry, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>4</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ekaterinburg, Russian Federation

### Abstract

**Background.** The ceramic based on lanthanum zirconate is characterized by optimal mechanical characteristics, low corrosion potential and the absence of cytotoxicity. Thus, the possibility of its use as bone substituting material is currently studied. **The purpose of the study** was to determine the mechanical, morphological and X-ray spectral characteristics of bone tissue after implantation of ceramic material based on lanthanum zirconate. **Materials and methods.** The experiment was conducted on 27 female guinea pigs of a single line, divided into 3 groups of 9 animals each. In the main group (LZ), lanthanum zirconate rods were implanted. In the comparison group ( $\beta$ -TCP), fixation was performed with  $\beta$ -tricalcium phosphate rods. In the native control group (NC) no surgical procedures were performed. A fracture was created in distal metadiaphysis area of femur using open osteoclasia. Animals were hatched 4, 10, and 25 weeks after the start of the experiment. Bone tissue features were studied in the perifocal region. The following methods were used: uniaxial compression, scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray microanalysis (EDXMA). The statistical analysis was performed using the Mann-Whitney test. **Results.** The architectonics of the newly formed bone in the LZ group appeared as a developed lacunar tubular network. The structural components of the extracellular matrix were oriented along the bone functional load vectors. The Ca/P ratio in the periimplant region of the bone in the LZ group was significantly higher than in the  $\beta$ -TCP and NC groups. This may indicate a high strength of the newly formed bone. Mechanical testing showed that the strength and performance of the system of “lanthanum zirconate – bone” under uniaxial compression exceeded the similar indicators in the  $\beta$ -TCP group. **Conclusion.** The synthesized new material based on lanthanum zirconate seems promising for use in traumatology and orthopedics. Although, additional studies are needed to optimize these implants integration into bone tissue.

**Keywords:** bone tissue, augmentation, ceramics, lanthanum zirconate, mechanical properties.

### Введение

Процесс взаимодействия имплантата и воспринимающего костного ложа сложен и зависит от витальных функций кости в зоне дефекта, площади контакта имплантата с костью, а также от совместимости остеозамещающего материала с окружающей тканью по физико-химическим, биологическим и механическим свойствам [1, 2, 3]. На сегодняшний день керамика на основе соединений циркония успешно применяется в стоматологии в качестве облицовочного материала и как основа для изготовления зубных протезов [4, 5]. Также этот вид керамики нашел применение в оперативной травматологии и ортопедии для изготовления компонентов пар трения, демонстрируя лучшую износостойкость по сравнению с другими материалами [6]. Циркониевая керамика отличается хорошими механическими характеристиками [7, 8], низким коррозионным потенциалом [9], отсутствием цитотоксичности и минимальной тропностью к бактериальной

адгезии [10, 11, 12], что определяет возможность ее изучения в качестве остеозамещающего материала.

**Цель исследования** — определить механические, морфологические, рентгеноспектральные характеристики костной ткани при имплантации керамического материала на основе цирконата лантана.

### Материал и методы

#### Материал

Синтез цирконата лантана ( $\text{La}_{1,95}\text{Ca}_{0,05}\text{Zr}_2\text{O}_7$ ) проведен в лаборатории твердооксидных топливных элементов Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН цитрат-нитратным методом. Из данного материала были изготовлены стержни длиной 25 мм квадратного (1,5×1,5 мм) сечения. Аналогичные стержни были изготовлены из  $\beta$ -трикальцийфосфата ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ).

**Объект исследования.** Исследование проведено на 27 линейных морских свинок женского пола.

Животные содержались в виварии Института иммунологии и физиологии УрО РАН, имели ветеринарный сертификат качества и состояния здоровья. Морские свинки находились в идентичных условиях кормления и содержания. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России. Исследование проводили в соответствии с «Методическими рекомендациями по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений» РД-АПК 3.10.07.02-09 и Директивой 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях.

### Дизайн исследования

Экспериментальные животные были разделены на 3 группы по 9 особей в каждой:

- животным основной группы (ЦЛ) проводилась имплантация стержней из цирконата лантана;
- в группе сравнения ( $\beta$ -ТКФ) фиксация производилась аналогичным стержнем из  $\beta$ -ТКФ;
- в группе нативного контроля (НК) хирургические манипуляции не проводились.

Животным ЦЛ и  $\beta$ -ТКФ групп создавалась модель перелома оригинальным способом (патент РФ № 2688944). В области дистального метадиафиза бедренной кости методом открытой остеоклазии создавался перелом, остеосинтез которого был выполнен путем интрамедуллярного штифтования прутком остеопластического материала в зависимости от группы животного. Животные выводились через 4, 10 и 25 нед. после начала эксперимента (по три животных для каждой группы в каждой временной точке).

### Методы исследования

Для проведения механических испытаний на одноосное сжатие из диафиза бедренной кости изготавливались образцы высотой 8 мм (по 2 образца от каждого животного, включенного в эксперимент). Торцевые стороны образцов полировали на алмазном диске для достижения их плоскопа-

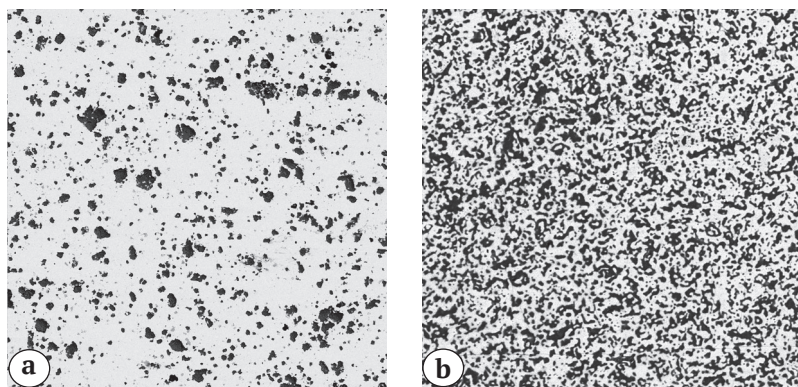
раллельности. Для предотвращения повреждения органических компонентов кости полировка осуществлялась в водной среде. Окончательная высота образцов составила 6 мм. Механические испытания образцов на одноосное сжатие проводили на испытательной машине Shimadzu AG-X 50kN (Shimadzu, Япония) со скоростью нагружения 1 мм/мин. При испытаниях контролировали две величины: нагрузку (Н) и относительную деформацию в процентах. Испытания останавливали при значительном снижении нагрузки, что соответствовало перелому (изменению хода) на деформационной кривой и зарождению трещин в образце. Морфологическую диагностику методом растровой электронной микроскопии (РЭМ), а также определение рентгеноспектральных характеристик периимплантной кости (содержания Са, Р и соотношения Са/Р) методом энергодисперсионного микроанализа осуществляли на растровом электронном микроскопе MIRA3 LMU (TESCAN, Чехия). Образцы костной ткани забирались из области дистального эпиметафиза, а также диафиза бедренной кости, обезжиривались в ацетоне, затем производилась их заливка в эпоксидную смолу с последующей шлифовкой и полировкой поверхности (патент РФ № 2684356).

### Статистический анализ

Для определения значимости различий между исследуемыми группами по изучаемым показателям использовался критерий Манна–Уитни. Статистически значимым принимался уровень  $p < 0,05$ . Данные представлены как медиана [интерквартильный диапазон].

### Результаты

По данным РЭМ, цирконат лантана представляет собой материал с закрытым типом пористости, объемная доля пор около 15% (рис. 1). Поры сложной формы размером от 1–2 до 30 мкм. В составе материала преобладают четыре основных элемента: цирконий 19,92±0,2 ат. %, лантан 21,24±0,16 ат. %, кислород 58,54±0,33 ат. %, кальций 0,3±0,03 ат. %.



**Рис. 1.** Структура имплантируемых материалов:

a — цирконат лантана;  
b —  $\beta$ -трикальцийфосфат ( $\beta$ -ТКФ).  
РЭМ; ув.  $\times 200$

**Fig. 1.** The structure of implantable materials:

a — lanthanum zirconate;  
b —  $\beta$ -TCP.  
SEM,  $\times 200$

В течение всего срока наблюдения как в группе ЦЛ, так и в группе  $\beta$ -ТКФ рост костной ткани происходил только периимплантно, новообразованная кость не проникала в поры имплантатов.

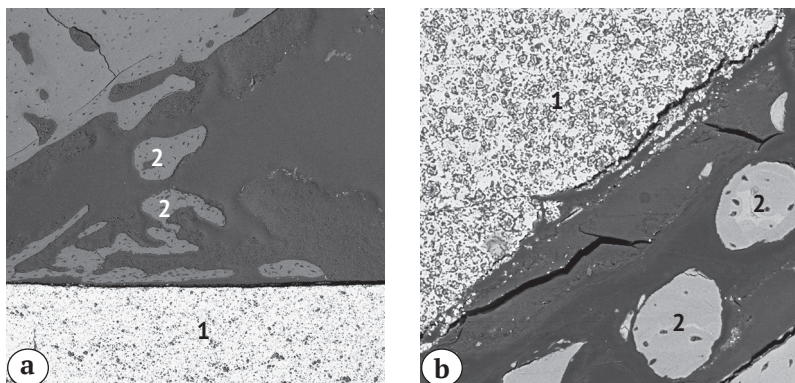
Через 4 нед. после операции в группе ЦЛ костные трабекулы плотно прилежат к имплантату (рис. 2а). В группе  $\beta$ -ТКФ трабекулы новообразованной костной ткани непосредственно прилежат к материалу, в перифокальной зоне видны отдельные очаги неоостеогенеза (рис. 2б).

Спустя 10 нед. после хирургического вмешательства в группе ЦЛ вокруг имплантата определяются островки новообразованной кости (рис. 3а). Архитектоника периимплантной области представляет собой развитую лакунарно-канальцевую сеть, компоненты структуры внеклеточного матрикса в виде комплексов минерализованного коллагена в слоях ламелл и костных трабекулах ориентированы вдоль векторов функциональной нагрузки кости, что позволяет эффективно противостоять действию механических напряжений. В группе  $\beta$ -ТКФ имплантат по всему периметру

окружен молодой костной тканью (рис. 3б). Отмечаются признаки резорбции материала в виде уменьшения плотности поверхностного слоя и неровности контуров имплантата.

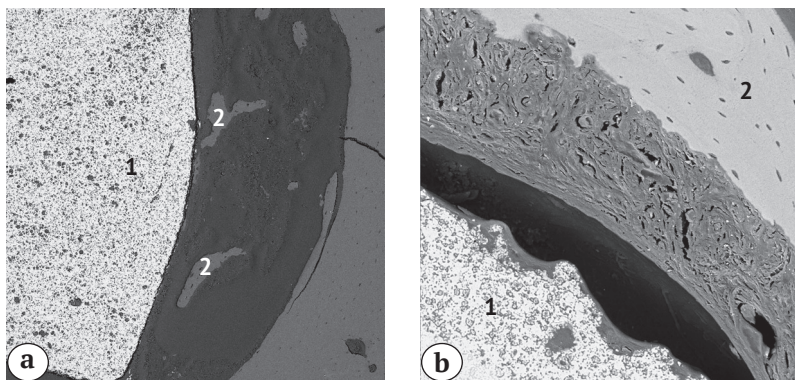
Через 25 нед. после операции в группе ЦЛ костная ткань имеет зрелую иерархическую структуру: хорошо видны лакуны остеоцитов, слои ламелл, в крупных трабекулах представлены гаверсовы системы (рис. 4а). В группе  $\beta$ -ТКФ имплантат по всему периметру окружен неопластической костной тканью, контур имплантата фестончатый (рис. 4б). Костная ткань содержит большее количество остеоцитов, цвет кости темный за счет большего содержания органической фазы. Структура кости неоднородная, определяются отдельные гаверсовы системы, в них хорошо прослеживаются концентрические слои ламелл.

Изучение костной ткани группы НК показало, что на микрофотографии она светлая благодаря большому содержанию неорганических веществ (рис. 5). Структура кости однородная, с развитой остеоцитарной сетью.



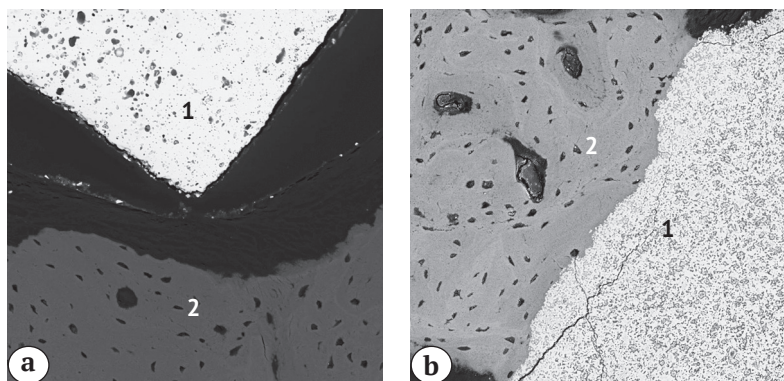
**Рис. 2.** Структура материала и новообразованной костной ткани через 4 нед. после операции: а — стержень из цирконата лантана, имплантированный в область диафиза бедренной кости; б — стержень из  $\beta$ -ТКФ, имплантированный в область диафиза бедренной кости. Цифрами обозначены: 1 — остеозамещающий материал; 2 — неопластическая кость. РЭМ; ув.  $\times 200$

**Fig. 2.** The structure of the material and newly formed bone in 4 weeks after surgery: а — LZ rod implanted in the femoral diaphysis; б —  $\beta$ -TCP rod implanted in the femoral diaphysis. The numbers denote: 1 — bone substituting material; 2 — newly formed bone. SEM,  $\times 200$



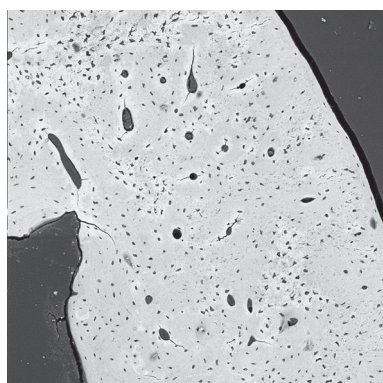
**Рис. 3.** Структура материала и новообразованной костной ткани в 10 нед. после операции: а — стержень из цирконата лантана, имплантированный в область диафиза бедренной кости; б — стержень из  $\beta$ -ТКФ, имплантированный в область диафиза бедренной кости. Цифрами обозначены: 1 — остеозамещающий материал; 2 — неопластическая кость. РЭМ; ув.  $\times 200$

**Fig. 3.** The structure of the material and newly formed bone after surgery: а — LZ rod implanted in the femoral diaphysis; б —  $\beta$ -TCP rod implanted in the femoral diaphysis. The numbers denote: 1 — bone substituting material; 2 — newly formed bone. SEM,  $\times 200$



**Рис. 4.** Структура материала и новообразованной костной ткани в 25 нед. после операции: а — стержень из цирконата лантана, имплантированный в область диафиза бедренной кости; б — стержень из  $\beta$ -ТКФ, имплантированный в область диафиза бедренной кости. Цифрами обозначены: 1 — остеозамещающий материал; 2 — неопластическая кость. РЭМ; ув.  $\times 500$

**Fig. 4.** The structure of the material and newly formed bone in 25 weeks after surgery: a — LZ rod implanted in the femoral diaphysis; b —  $\beta$ -TCP rod implanted in the femoral diaphysis. The numbers denote: 1 — bone substituting material; 2 — newly formed bone. SEM,  $\times 500$



**Рис. 5.** Нативный контроль. Диафиз бедренной кости. РЭМ; ув.  $\times 200$

**Fig. 5.** Native control (NC). The diaphysis of the femur. SEM,  $\times 200$

Результаты определения Ca, P и соотношения Ca/P в периимплантной кости методом рентгенодисперсионного микроанализа в исследуемых группах приведены в таблице 1. Содержание кальция в периимплантной зоне в группе ЦЛ и в группе  $\beta$ -ТКФ спустя 4 нед. после операции существенно ниже, чем в группе НК. Однако к 10-й нед. послеоперационного периода в обеих группах уровень Ca значительно превышает данный показатель в группе НК. Спустя 25 нед. после операции в группе ЦЛ содержание Ca в периимплантной зоне было сопоставимо с таковым в группе НК. В противоположность этому, в группе  $\beta$ -ТКФ содержание Ca превышает данный показатель в группе НК, что, по-видимому, связано с высоким содержанием Ca в имплантируемом  $\beta$ -трикальцийфосфате.

По содержанию фосфора в периимплантной зоне спустя 4 нед. после операции группы ЦЛ и  $\beta$ -ТКФ не различаются между собой и существенно уступают группе НК. К 10-й нед. после операции между группами ЦЛ и  $\beta$ -ТКФ появляются значительные различия: в группе ЦЛ уровень фосфора становится ниже, чем в группе НК, в группе  $\beta$ -ТКФ — существенно повышается относительно нативного контроля. Данные различия сохраняются до конца периода исследования и связаны, очевидно, с высоким содержанием P в составе имплантата на основе  $\beta$ -трикальцийфосфата.

Соотношение Ca/P через 4 нед. после операции в группах ЦЛ и  $\beta$ -ТКФ имело близкие значения и было существенно выше, чем в группе НК. Через 10 нед. после операции между группами ЦЛ и  $\beta$ -ТКФ наблюдались значительные различия: если в группе ЦЛ соотношение Ca/P повышалось относительно нативного контроля, то в группе  $\beta$ -ТКФ наблюдалось значительное понижение, то есть формировался кальций-дефицитный гидроксипатит с соотношением Ca/P ниже стехиометрического, характерного для минеральной фазы зрелого костного матрикса. Данная закономерность проявлялась и спустя 25 нед. после операции.

Проведение механических испытаний показало, что в процессе одноосного сжатия образцов костной ткани происходило постепенное уменьшение высоты образца. Максимальная нагрузка системы «костная ткань — цирконат лантана» в группе ЦЛ была сопоставима с таковой в группе НК и выше, чем в группе  $\beta$ -ТКФ, причем спустя 10 нед. после операции данные различия имели статистическую значимость (табл. 2). Не выявлено статистически значимых различий между группами по показателю деформации в течение срока наблюдения (табл. 3).

Поведение образцов при одноосном сжатии в экспериментальных группах было различно, что отражают деформационные кривые, представленные на рисунках 6, 7, 8. В группе ЦЛ при механическом воздействии на систему «кость — имплантат» сначала происходило появление множества трещин на боковых поверхностях образца, что приводило к расслоению костной ткани на тонкие пластинки различного размера (чешуйчатое расслоение). В костной ткани группы  $\beta$ -ТКФ наблюдалось постепенное накопление необратимой деформации, распада образца на части при этом не отмечалось. Деформационное поведение образцов группы НК было сходно с группой  $\beta$ -ТКФ.

Таблица 1

**Содержание кальция, фосфора и отношение Са/Р в образцах периимплантной кости в различные сроки после операции**

Срок от операции	Са, %			Р, %			Отношение Са/Р		
	Группа			Группа			Группа		
	ЦЛ	β-ТКФ	НК	ЦЛ	β-ТКФ	НК	ЦЛ	β-ТКФ	НК
4 нед.	18,82 [18,47; 19,09] <sup>§</sup>	18,01 [17,43; 19,31] <sup>§</sup>		10,71 [10,47; 11,02] <sup>§</sup>	10,19 [10,02; 11,16] <sup>§</sup>		1,77 [1,72; 1,78] <sup>§</sup>	1,76 [1,74; 1,80] <sup>§</sup>	
10 нед.	20,87 [20,57; 21,41] <sup>§*</sup>	26,02 [25,91; 26,24] <sup>§</sup>	19,51 [19,40; 19,97]	10,92 [10,88; 1,14] <sup>§*</sup>	17,73 [17,50; 17,86] <sup>§</sup>	12,18 [11,98; 12,30]	1,90 [1,90; 1,91] <sup>§*</sup>	1,48 [1,47; 1,49] <sup>§</sup>	1,61 [1,59; 1,63]
25 нед.	19,23* [18,85; 19,89]	26,67 [26,24; 27,06] <sup>§</sup>		11,12 [10,80; 11,48] <sup>§*</sup>	17,54 [17,31; 17,65] <sup>§</sup>		1,74 [1,73; 1,76] <sup>§*</sup>	1,52 [1,51; 1,55] <sup>§</sup>	

Результаты представлены как медиана [интерквартильный диапазон]; \* — различия между группами ЦЛ и β-ТКФ имеют статистическую значимость,  $p < 0,05$ ; § — отличия от группы НК имеют статистическую значимость,  $p < 0,05$ .

Таблица 2

**Максимальная нагрузка системы «костная ткань – цирконат лантана» в различные сроки после имплантации**

Срок от операции	Максимальная нагрузка, Н			$p^1$	$p^2$	$p^3$
	Группа					
	ЦЛ	β-ТКФ	НК			
4 нед.	1064 [870; 1464]	978 [754; 1229]		0,52	0,66	0,23
10 нед.	1138 [562; 1450]	781 [663; 846]	1024 [670; 1187]	0,02	0,23	0,28
25 нед.	977 [773; 1700]	885 [865; 901]		0,63	0,32	0,91

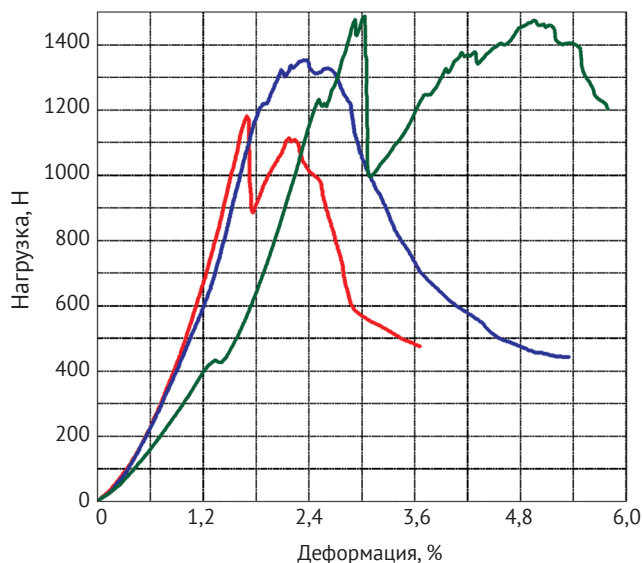
Данные представлены как медиана [интерквартильный диапазон];  $p^1$  — статистическая значимость различий между группами ЦЛ и β-ТКФ;  $p^2$  — статистическая значимость различий между группами ЦЛ и НК;  $p^3$  — статистическая значимость различий между группами β-ТКФ и НК.

Таблица 3

**Деформация системы «костная ткань – цирконат лантана» в различные сроки после имплантации**

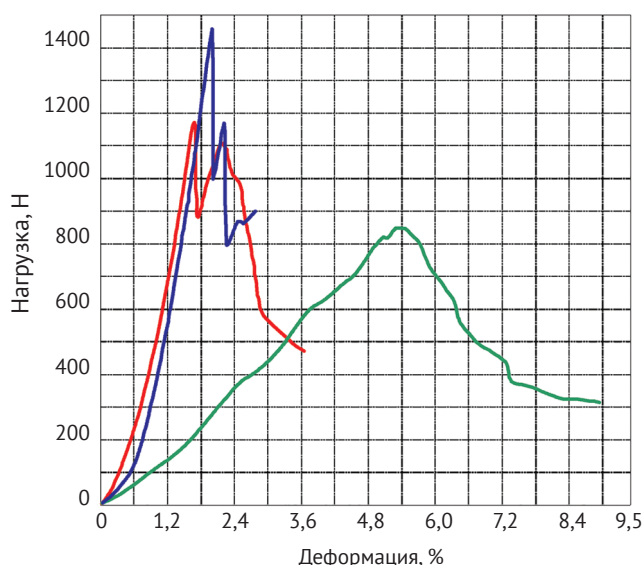
Срок от операции	Деформация, %			$p^1$	$p^2$	$p^3$
	Группа					
	ЦЛ	β-ТКФ	НК			
4 нед.	3,7 [3,02; 6,06]	2,9 [2,2; 4,5]		0,52	0,59	0,45
10 нед.	3,7 [2,1; 5,09]	3,9 [2,9; 5,5]	3,3 [2,4; 4,6]	0,33	0,45	0,52
25 нед.	4,0 [1,8; 4,7]	2,2 [2,0; 4,5]		0,62	1,00	0,45

Данные представлены как медиана [интерквартильный диапазон];  $p^1$  — статистическая значимость различий между группами ЦЛ и β-ТКФ;  $p^2$  — статистическая значимость различий между группами ЦЛ и НК;  $p^3$  — статистическая значимость различий между группами β-ТКФ и НК.



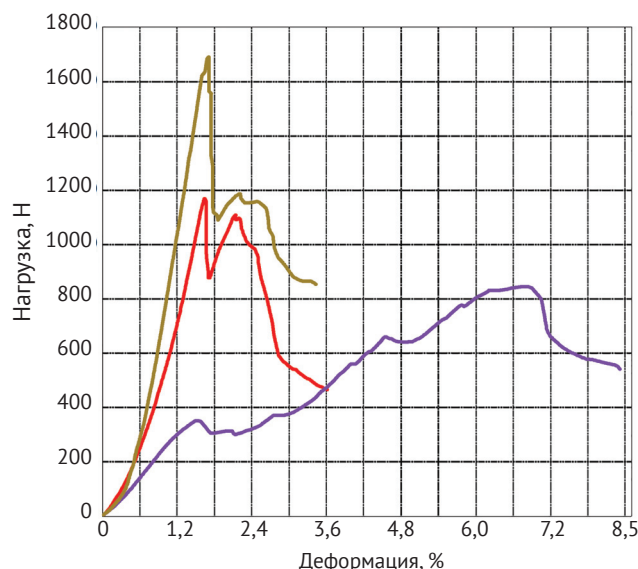
**Рис. 6.** Деформационные кривые образца группы ЦЛ (зеленый), группы  $\beta$ -ТКФ (синий), группы НК (красный), 4 нед. после операции

**Fig. 6.** The deformation curves of a sample of the LZ group (green),  $\beta$ -TCP group (blue), NC group (red), 4 weeks after surgery



**Рис. 7.** Деформационные кривые образца группы ЦЛ (синий), группы  $\beta$ -ТКФ (зеленый), группы НК (красный), 10 нед. после операции

**Fig. 7.** The deformation curves of a sample of the LZ group (green),  $\beta$ -TCP group (blue), NC group (red), 6 weeks after surgery



**Рис. 8.** Деформационные кривые образца группы ЦЛ (зеленый), группы  $\beta$ -ТКФ (фиолетовый), группы НК (красный), 25 нед. после операции

**Fig. 8.** The deformation curves of a sample of the LZ group (green),  $\beta$ -TCP group (blue), NC group (red), 25 weeks after surgery

Приведенные выше закономерности были характерны для всех сроков наблюдения. Согласно полученным деформационным кривым, в группе ЦЛ образцы разрушались ступенчато (циклические подъемы и спады напряжения на графике), модуль продольной упругости системы «кость – цирконат лантана» превышал таковой в группе  $\beta$ -ТКФ (угол подъема деформационной кривой более острый). Образцы группы  $\beta$ -ТКФ при одноосном сжатии постепенно уменьшаются в высоту и теряют в прочности, вторичного увеличения прочности в данной группе не наблюдается. Образцы группы НК уступают по прочности образцам группы ЦЛ и также разрушаются ступенчато, но превосходят по механическим характеристикам образцы группы  $\beta$ -ТКФ.

### Обсуждение

Циркониевая керамика, наряду с отсутствием цитотоксичности [10], имеет хорошие механические характеристики [8], делающие ее привлекательной для использования в травматологии и ортопедии. В связи с этим предпринимаются попытки модифицировать химическую структуру циркониевой керамики и получить соединения с лучшими механическими характеристиками [13]. Частично стабилизированный иттрием поликристаллический тетрагональный диоксид циркония показал более высокую стойкость к разрушению по сравнению с другими керамическими материалами [14, 15, 16]. Кроме того, ста-



билизованные церием поликристаллические наноконпозиты на основе оксида циркония обладали самой высокой вязкостью разрушения и устойчивостью к разрушению при старении в условиях низких температур [17]. Другая группа авторов сообщает о разработке нового материала — закаленного глинозема, легированного хромовым оксидом циркония, демонстрирующего механические свойства, подходящие для имплантатов, подверженных значительным осевым нагрузкам [18]. Рентгенологическое исследование показало отсутствие признаков ослабления имплантата до 12 мес., также материал продемонстрировал отсутствие какого-либо долгосрочного патогенного эффекта *in vivo* и долгосрочного канцерогенного эффекта *in vitro* [18]. В исследованиях *in vitro* также было показано, что диоксид циркония не оказывает токсического влияния на остеобласты и способствует их умеренной пролиферации [19].

В нашем исследовании использовался вновь синтезированный материал ( $\text{La}_{1,95}\text{Ca}_{0,05}\text{Zr}_2\text{O}_7$ ), в составе которого преобладают четыре основных элемента: цирконий, лантан, кислород и кальций. Полученный материал имеет закрытый тип пористости с объемной долей пор около 15%, поры сложной формы размером от 1–2 до 30 мкм.

Эффективность имплантации зависит не только от химического состава, но и, в значительной степени, от дизайна имплантата [20], реализуется так называемый «эффект формы» — зависимость механических характеристик от продольных и поперечных размеров имплантата [21] и наличия концентраторов напряжения в виде неоднородностей структуры [22]. Нами использовались стержни длиной 25 мм квадратного (1,5×1,5 мм) сечения.

По данным РЭМ, наблюдался активный периимплантный (без прорастания в материал имплантата) рост новообразованной костной ткани как в случае использования нового материала на основе циркония, так и при использовании  $\beta$ -ТКФ. Однако если при имплантации стержня из цирконата лантана не наблюдалось резорбции армирующего материала в течение всего срока наблюдения, то при использовании  $\beta$ -ТКФ уже спустя 10 нед. после операции наблюдались выраженные признаки резорбции имплантата. Резорбция  $\beta$ -ТКФ приводила к увеличению содержания кальция и фосфора в периимплантной области, однако их соотношение (Ca/P) оказалось значительно ниже, чем в нативной зрелой костной ткани, то есть, по видимому, формировался кальций-дефицитный гидроксипатит. В то же время соотношение Ca/P в периимплантной области кости, армированной цирконатом лантана, демонстрировало существенное повышение относительно нативной кости до 25-й нед. исследования, что может сви-

детельствовать о высокой прочности новообразованной кости.

Керамика на основе диоксида циркония подвержена хрупкому разрушению, тогда как кость ведет себя как упруго-пластичный материал и разрушается вязко [23, 24, 25]. Наиболее механически уязвимой является область контакта цирконата лантана с костью, что связано с большим различием в их механических свойствах и возникновением опасных растягивающих напряжений в данной области [26, 27].

Введение цирконата лантана значительно повышает модуль продольной упругости системы по сравнению с образцами группы сравнения, делает систему более жесткой и менее восприимчивой к ударным нагрузкам. Для такой системы характерно ступенчатое разрушение. После разрушения слоя костной ткани происходит вторичное увеличение прочности, затем снова ее снижение, так проходит несколько циклов (несколько пиков на деформационной кривой).

Поверхность циркониевого внутрикостного имплантата важна для процесса остеоинтеграции [28]. Искусственное усиление рельефа поверхности и другие формы модификации ее топографии улучшают процесс остеоинтеграции и создают более прочное соединение имплантата с костной тканью [29, 30, 31]. Кроме того, имплантация аугмента на основе диоксида циркония совместно с остеокондуктивным препаратом Bio-Oss (Geistlich, Швейцария) и коллагеновой мембраной приводила к заполнению дефекта нижней челюсти кролика соединительной тканью, признаков воспаления и макрофагальной реакции на материал в динамике не отмечалось, что свидетельствует о высокой биосовместимости циркониевых аугментов [32]. Проведение исследований по модификации внешнего дизайна, а также микроструктуры имплантатов позволит повысить их остеоинтегративность и улучшить механические свойства. Перспективным является также создание композитных материалов на основе цирконата лантана.

Использование нового материала на основе цирконата лантана в качестве имплантата при армировании костного повреждения показало:

1) в периимплантной области формируется полноценная костная ткань, архитектура которой позволяет эффективно противостоять действию механических напряжений, что может свидетельствовать о совместимости материала и костной ткани по физико-химическим и структурным характеристикам;

2) вновь образующаяся кость приобретает высокие прочностные характеристики в периимплантной области уже в раннем послеоперационном периоде, о чем свидетельствует высокое соотношение Ca/P;

3) система «цирконат лантана — кость» при одноосном сжатии превышает по прочности неповрежденную костную ткань и имеет лучшие показатели по сравнению с использованием  $\beta$ -ТКФ для армирования повреждения.

Синтезированный новый материал на основе цирконата лантана представляется перспективным для использования в травматологии и ортопедии, вместе с тем необходимы дополнительные исследования для оптимизации интеграции имплантатов из данного материала в костную ткань.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

**Вклад авторов**

*Измодедова М.Ю.* — проведение экспериментальной работы, обработка и анализ данных, написание статьи.

*Гилев М.В.* — разработка концепции и дизайна, участие в проведении экспериментальной работы, анализ данных, участие в написании статьи.

*Ананьев М.В.* — разработка концепции и дизайна, проверка критически важного интеллектуального содержания.

*Зайцев Д.В.* — проведение экспериментальной работы, анализ данных, участие в написании статьи.

*Антропова И.П.* — проведение экспериментальной работы, обработка данных, анализ данных, участие в написании статьи.

*Фарленков А.С.* — проведение экспериментальной работы, проверка критически важного интеллектуального содержания.

*Тропин Е.С.* — проведение экспериментальной работы, проверка критически важного интеллектуального содержания.

*Волокитина Е.А.* — разработка концепции и дизайна, проверка критически важного интеллектуального содержания.

*Кутепов С.М.* — общее руководство, проверка критически важного интеллектуального содержания.

*Юшков Б.Г.* — общее руководство, разработка концепции и дизайна, проверка критически важного интеллектуального содержания.

**Литература [References]**

1. Гилев М.В., Зайцев Д.В., Измодедова М.Ю., Киселева Д.В., Волокитина Е.А. Влияние типа остеозамещающего материала на основные механические параметры трабекулярной костной ткани при аугментации импрессионного внутрисуставного перелома. Экспериментальное исследование. *Гений ортопедии*. 2018;24(4):492-499. doi:10.18019/1028-4427-2018-24-4-492-499.

Gilev M.V., Zaytsev D.V., Izmodenova M.Yu., Kiseleva D.V., Volokitina E.A. The influence of bone substitute material on mechanical properties of trabecular bone augmentation of intra-articular impression fractures. Experimental study. *Genij Ortopedii*. 2018;24(4):492-499. doi:10.18019/1028-4427-2018-24-4-492-499.

2. Гилев М.В., Зайцев Д.В., Измодедова М.Ю., Киселева Д.В., Силаев В.И. Сравнительная характеристика методов аттестации деформированной микроструктуры трабекулярной костной ткани. *Российский журнал биомеханики*. 2019;23(2):242-250. doi: 10.15593/RJBiomech/2019.2.06.

Gilev M.V., Zaitsev D.V., Izmodenova M.Y., Kiseleva D.V., Silaev V.I. Comparative characteristic of the methods of certification of deformed microstructure of trabecular bone tissue. *R J Biomech*. 2019;23(2):202-208. (In Russian). doi: 10.15593/RJBiomech/2019.2.06.

3. Дубров В.Э., Щербakov И.М., Сапрыкина К.А., Кузькин И.А., Зюзин Д.А., Яшин Д.В. Математическое моделирование состояния системы «кость-металлофиксатор» в процессе лечения чрезвертельных переломов бедренной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):113-121. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-113-121.

Dubrov V.E., Shcherbakov I.M., Saprykina K.A., Kuzkin I.A., Zyuzin D.A., Yashin D.V. [Mathematical Modeling of the «Bone-Fixator» System during the Treatment of Intertrochanteric Fractures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(1):113-121. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-113-121.

4. Depprich R., Naujoks C., Ommerborn M., Schwarz F., Kübler N.R., Handschel J. Current findings regarding zirconia implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014;16(1):124-137. doi: 10.1111/j.1708-8208.2012.00454.x.

5. Bankoğlu Güngör M., Aydın C., Yılmaz H., Gül E.B. An overview of zirconia dental implants: basic properties and clinical application of three cases. *J Oral Implantol*. 2014;40(4):485-494. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-12-00109.

6. Gremillard L., Chevalier J., Martin L., Douillard T., Begand S., Hans K. et al. Sub-surface assessment of hydrothermal ageing in zirconia-containing femoralheads for hip joint applications. *Acta Biomater*. 2018;68:286-295. doi: 10.1016/j.actbio.2017.12.021.

7. Larsson C. Zirconium dioxide based dental restorations. Studies on clinical performance and fracture behavior. *Swed Dent J Suppl*. 2011;(213):9-84.

8. Aboushelib M.N. Influence of surface nano-roughness on osseointegration of zirconia implants in rabbit femur heads using selective infiltration etching technique. *J Oral Implantol*. 2013;39(5):583-590. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-11-00075.

9. Larsson C., El Madhoun S., Wennerberg A., Vult von Steyern P. Fracture strength of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals crowns with different design: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(7):820-826. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02224.x.

10. Schubert O., Nold E., Obermeier M., Erdelt K., Stimmelmayer M., Beuer F. Load bearing capacity, fracture mode, and wear performance of digitally veneered full-ceramic single crowns. *Int J Comput Dent*. 2017;20(3):245-262.

11. Miyazaki T., Nakamura T., Matsumura H., Ban S., Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J Prosthodont Res*. 2013;57(4):236-261. doi: 10.1186/s12903-019-0838-x.

12. Arena A., Prete F., Rambaldi E., Bignozzi M.C., Monaco C., Di Fiore A. et al. Nanostructured zirconia-based ceramics and composites in dentistry: a state-of-the-art review. *Nanomaterials (Basel)*. 2019;9(10). pii: E1393. doi: 10.3390/nano9101393.
13. Zarone F., Russo S., Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dent Mater*. 2011;27(1):83-96. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.024.
14. Zhang Y., Lawn B.R. Novel zirconia materials in dentistry. *J Dent Res*. 2018;97(2):140-147. doi: 10.1177/0022034517737483.
15. Pereira G.K.R., Fraga S., Montagner A.F., Soares F.Z.M., Kleverlaan C.J., Valandro L.F. The effect of grinding on the mechanical behavior of Y-TZP ceramics: A systematic review and meta-analysis. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;63:417-442. doi: 10.1016/j.jmbbm.2016.06.028.
16. Ferrari M., Vichi A., Zarone F. Zirconia abutments and restorations: from laboratory to clinical investigations. *Dent Mater*. 2015;31(3):e63-76. doi: 10.1016/j.dental.2014.11.015.
17. Manicone P.F., Rossi Iommetti P., Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent*. 2007;35(11):819-826.
18. Le M., Papia E., Larsson C. The clinical success of tooth- and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses. A systematic review. *J Oral Rehabil*. 2015;42(6):467-480. doi: 10.1111/joor.12272.
19. Zarone F., Di Mauro M.I., Ausiello P., Ruggiero G., Sorrentino R. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. *BMC Oral Health*. 2019;4; 19(1):134.
20. Lawson N.C., Burgess J.O. Dental ceramics: a current review. *Compend Contin Educ Dent*. 2014;35(3):161-166; quiz 168.
21. Siddiqi A., Khan A.S., Zafar S. Thirty years of translational research in zirconia dental implants: a systematic review of the literature. *J Oral Implantol*. 2017;43(4):314-325. doi: 10.1563/aaaid-joi-D-17-00016.
22. Tabatabaian F. Color in zirconia-based restorations and related factors: literature review. *J Prosthodont*. 2018;27(2):201-211. doi: 10.1111/jopr.12740.
23. Chen Y.W., Moussi J., Drury J.L., Wataha J.C. Zirconia in biomedical applications. *Expert Rev Med Devices*. 2016;13(10):945-963.
24. Cavalcanti A.N., Foxton R.M., Watson T.F., Oliveira M.T., Giannini M., Marchi G.M. Y-TZP ceramics: key concepts for clinical application. *Oper Dent*. 2009;34(3):344-51. doi: 10.2341/08-79.
25. Shahmiri R., Standard O.C., Hart J.N., Sorrell C.C. Optical properties of zirconia ceramics for esthetic dental restorations: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2018;119(1):36-46. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.009.
26. Özcan M., Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2015;17(1):7-26. doi: 10.3290/j.jad.a35525.
27. Turon-Vinas M., Anglada M. Strength and fracture toughness of zirconia dental ceramics. *Dent Mater*. 2018;34(3):365-375. doi: 10.1016/j.dental.2017.12.007.
28. Piconi C., Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999;20(1):1-25. doi: 10.1111/joor.12272.
29. Gredes T. et al. Comparison of surface modified zirconia implants with commercially available zirconium and titanium implants. *Implant Dent*. 2014;23(4):1-15.
30. Koutayas S.O., Vagkopoulou T., Pelekanos S., Koidis P., Strub J.R. Zirconia in dentistry: part 2. Evidence-based clinical breakthrough. *Eur J Esthet Dent*. 2009;4(4):348-380.
31. Арутюнов С.Д., Шехтер А.Б., Степанов А.Г. Оценка эффективности остеоинтеграции фрезерованных трансдентальных имплантатов из диоксида циркония по результатам эксперимента in vivo. *Вестник КазНМУ*. 2018;(1):533-535.
- Arutyunov S.D., Shekhter A.B., Stepanov A.G. [Estimation of efficiency of osteointegration of milled transdental implants from dioxide zirconia on the results of the in vivo experiment]. *Vestnik KazNMU*. 2018;(1):533-535. (In Russian).
32. Blatz M.B., Vonderheide M., Conejo J. The effect of resin bonding on long-term success of high-strength ceramics. *J Dent Res*. 2018;97(2):132-139. doi: 10.1177/0022034517729134.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Измоденова Мария Юрьевна* — студент VI курса, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5500-4012>

*Гилев Михаил Васильевич* — д-р мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; заведующий лабораторией медицинского материаловедения и биокерамики, ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-5190>

*Ананьев Максим Васильевич* — д-р хим. наук, директор ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-1221>

**AUTHORS' INFORMATION:**

*Maria Yu. Izmodenova* — Student, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5500-4012>

*Mikhail V. Gilev* — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Ural State Medical University, Institute of High Temperature Electrochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4623-5190>

*Maxim V. Ananyev* — Dr. Sci. (Chem.), Director, Institute of High Temperature Electrochemistry, Ekaterinburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-1221>

*Зайцев Дмитрий Викторович* — д-р физ.-мат. наук, доцент кафедры физики конденсированного состояния и наноразмерных систем, Институт естественных наук и математики, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»; ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8045-5309>

*Антропова Ирина Петровна* — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник ЦНИЛ, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9957-2505>

*Фарленков Андрей Сергеевич* — младший научный сотрудник, отдел электрохимии твердого тела, лаборатория ТОТЭ, ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН; младший научный сотрудник, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5507-7783>

*Тропин Евгений Сергеевич* — младший научный сотрудник, отдел электрохимии твердого тела, лаборатория ТОТЭ, ФГБУН «Институт высокотемпературной электрохимии» Уральского отделения РАН; младший научный сотрудник, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4180-6054>

*Волокитина Елена Александровна* — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5994-8558>

*Кутепов Сергей Михайлович* — д-р мед. наук, чл.-кор. РАН, профессор, президент ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3069-8150>

*Юшков Борис Германович* — д-р мед. наук, чл.-кор. РАН, профессор, ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии» Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4641-7322>

*Dmitry V. Zaytsev* — Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University; Leading Researcher, Institute of High Temperature Electrochemistry Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8045-5309>

*Irina P. Antropova* — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Ural State Medical University, Institute of High Temperature Electrochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9957-2505>

*Andrei S. Farlenkov* — Researcher, Solid State Electrochemistry Department, Laboratory of SOFC, Institute of High Temperature Electrochemistry; Researcher, Ural Federal University Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5507-7783>

*Evgenii S. Tropin* — Researcher, Solid State Electrochemistry Department, Laboratory of SOFC, Institute of High Temperature Electrochemistry; Researcher, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4180-6054>

*Elena A. Volokitina* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5994-8558>

*Sergey M. Kutepov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3069-8150>

*Boris G. Yushkov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Institute of Immunology and Physiology, Ekaterinburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4641-7322>

## Клинико-рентгенологические характеристики двух больных с акромегомелической дисплазией, тип Марото, обусловленной вновь выявленными мутациями в гене *NPR2*

Т.В. Маркова<sup>1</sup>, В.М. Кенис<sup>2</sup>, О.Л. Миронович<sup>1</sup>, О.А. Щагина<sup>1</sup>, Т.С. Нагорнова<sup>1</sup>,  
Е.В. Мельченко<sup>2</sup>, Е.Л. Дадали<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Акромегомелическая дисплазия Марото (АМДМ) — редкий вариант аутосомно-рецессивных скелетных дисплазий. Заболевание обусловлено мутациями в гене *NPR2*, белковый продукт которого является одним из ключевых факторов энхондральной оссификации. К настоящему времени выявлено 49 патогенных мутаций в этом гене, больше половины из которых являются миссенс-заменами. Наличие полиморфизма фенотипических проявлений обуславливает необходимость описания клинико-рентгенологических особенностей заболевания у больных с вновь выявленными мутациями в гене, что будет способствовать оптимизации его диагностики. **Клинические наблюдения.** Представлено описание клинических и рентгенологических характеристик двух sibсов, причиной болезни у которых явился ранее не описанный патогенный вариант с.125\_126insTGGCG (p.Trp42CysfsTer12) в гене *NPR2*. Показано существование внутрисемейного полиморфизма клинических проявлений. **Обсуждение.** Изучение особенностей клинических проявлений, рентгенологических данных у двух sibсов с АМДМ, обусловленной новыми мутациями в гене *NPR2*, и анализ литературных данных позволил сделать заключение об отсутствии ассоциации между типом и локализацией мутации в гене и тяжестью клинических проявлений заболевания. Больные, как правило, рождаются с нормальными росто-весовыми показателями, а клинические проявления в виде непропорционального дварфизма формируются в течение первого года жизни. Основными рентгенологическими признаками являются укорочение длинных трубчатых костей, наиболее выраженное в верхних конечностях, и клиновидная деформация тел позвонков. Показано, что большинство идентифицированных к настоящему времени мутаций в гене *NPR2* приводит к нарушению аминокислотной последовательности лиганд-связывающего и гуанилатциклазного домена. **Заключение.** Выраженная генетическая гетерогенность, сходство клинических проявлений отдельных нозологических групп скелетных дисплазий, а также наличие внутри- и межсемейного полиморфизма клинических проявлений позволяют рассматривать секвенирование клинического или полного экзона в качестве оптимального метода диагностики этой группы заболеваний.

**Ключевые слова:** акромегомелическая дисплазия, ген *NPR2*, секвенирование экзона.

Маркова Т.В., Кенис В.М., Миронович О.Л., Щагина О.А., Нагорнова Т.С., Мельченко Е.В., Дадали Е.Л. Клинико-рентгенологические характеристики двух больных с акромегомелической дисплазией, тип Марото, обусловленной вновь выявленными мутациями в гене *NPR2*. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):141-149. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-141-149.

**Cite as:** Markova T.V., Kenis V.M., Mironovich O.L., Shchagina O.A., Nagornova T.S., Melchenko E.V., Dadali E.L. [Clinical and Radiological Characteristics of Two Patients with Acromesomelic Dysplasia Maroteaux Type with New Mutation in the *NPR2* Gene]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):141-149. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-141-149.

✉ Кенис Владимир Маркович / Vladimir M. Kenis; e-mail: kenis@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 21.05.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 19.06.2020.

## Clinical and Radiological Characteristics of Two Patients with Acromesomelic Dysplasia Maroteaux Type with New Mutation in the *NPR2* Gene

T.V. Markova<sup>1</sup>, V.M. Kenis<sup>2</sup>, O.L. Mironovich<sup>1</sup>, O.A. Shchagina<sup>1</sup>, T.S. Nagornova<sup>1</sup>, E.V. Melchenko<sup>2</sup>, E.L. Dadali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Acromesomelic dysplasia Maroteaux type (AMDM) is a rare variant of autosomal recessive skeletal disorder. The disease is caused by mutations in the *NPR2* gene, coding the protein product which is one of the main regulators of endochondral ossification. To date, 49 mutations in this gene have been identified, more than half of which are missense substitutions. The presence of polymorphism of phenotypic manifestations makes it necessary to describe the features of clinical and radiological characteristics of the disease in patients with newly identified mutations in the gene, which will help to optimize its diagnosis. **Case presentation.** The clinical and radiological characteristics of two siblings with newly identified mutations c.125\_126insTGGCG (p.Trp42CysfsTer12) and (p.Arg767Ter) in the *NPR2* gene are described. Intra-family polymorphism of clinical manifestations is shown. **Discussion.** Clinical manifestations and radiological data in two siblings with AMDM caused by new mutations in the *NPR2* gene and analysis of the literature data allowed us to conclude that there is no correlation of the severity of clinical signs and the type of mutations in the gene. Patients are born with normal growth and weight, and clinical manifestations (disproportionate dwarfism) appeared during the first year of life. The main radiological signs are shortening of tubular bones, most pronounced in the upper limbs and wedge-shaped formation of the vertebral bodies. Genotype-phenotype correlations confirmed the hypothesis that the majority of mutations leading to the disease is localized within the ligand-binding and guanylate cyclase domains. **Conclusion.** The obvious genetic heterogeneity, the similarity of the clinical manifestations of individual nosological groups of skeletal dysplasias, as well as the presence of intrafamily and interfamily polymorphism of clinical manifestations allows us to consider sequencing of a clinical exome or whole exome as the optimal method for diagnosing this group of diseases.

**Keywords:** acromesomelic dysplasia, *NPR2* gene, exome sequencing.

### Введение

Акрomezомелическая дисплазия, тип Марото (АМДМ) (ОМIM: 602875) — редкий вариант ауто-сомно-рецессивной скелетной дисплазии, распространенность которой составляет 1:1000000 [1]. Заболевание впервые описано Р. Maroteaux с соавторами в 1971 г. у больных с дварфизмом с комбинацией мезомелического и акромелического укорочения конечностей, которую авторы предложили обозначать как «акромезомелическая карликовость» [2].

К основным клиническим проявлениям АМДМ относятся диспропорциональный нанизм, укорочение конечностей, главным образом за счет уменьшения длины предплечий, голеней и кистей. В большинстве описанных случаев не отмечалось интеллектуального дефицита и патологии других органов и систем [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. При рентгенологическом обследовании в типичных случаях отмечаются укорочение и деформация длинных трубчатых костей с гипоплазией дистального от-

дела локтевой кости, подвывихом/вывихом головки лучевой кости, а также клиновидная деформация позвонков, укорочение и расширение пястных костей и фаланг пальцев [9, 10, 11]. Первые признаки заболевания в ряде случаев отмечаются с рождения, к ним относится умеренное укорочение длинных трубчатых костей, однако при проведении рентгенологического обследования новорожденных обычно не выявляются деформации костей или аномалии ростковых зон [1]. Отчетливые клинические и рентгенологические признаки АМДМ появляются в течение первого или второго года жизни.

Заболевание обусловлено мутациями в гене *NPR2*, локализованном на хромосоме 9p13 [12]. Его белковый продукт является рецептором для натрийуретического пептида С, который играет ключевую роль в процессе энхондральной оксификации. Экспрессируясь в пролиферативной и гипертрофической зонах хондроцитов ростовой пластинки, белок осуществляет регуляцию про-

дольного роста костей. Патогенез заболевания окончательно не изучен. Считается, что нарушение связывания рецепторного белка с его лигандом приводит к изменению функции гуанилат-циклазы, которая участвует в образовании циклического гуанозинмонофосфата (цГМФ). При уменьшении количества цГМФ нарушаются активация протектиназы и взаимодействие сигнальных метаболитических путей ростовой пластинки, что приводит к нарушению пролиферации и дифференцировки хондроцитов [13, 14, 15, 16]. Идентифицировано 49 различных мутаций в гене *NPR2* в гомозиготном и компаунд-гетерозиготном состоянии у больных с АМДМ из разных популяций и изучены особенности их клинических проявлений [16]. Однако до настоящего времени нет четких данных об особенностях клинических проявлений у больных с различными типами и локализацией мутаций, что обуславливает необходимость описания особенностей клинических проявлений у больных с вновь выявленными мутациями в гене *NPR2*.

*Целью работы* явилось первое описание клинико-генетических характеристик двух российских sibсов с АМДМ с выраженной патологией опорно-двигательного аппарата, обусловленной вновь выявленными мутациями в гене *NPR2*.

### Материал и методы

Для уточнения диагноза у больных использовался комплекс методов обследования: генеалогический анализ, клиническое обследование, неврологический осмотр по стандартной методике с оценкой психоэмоциональной сферы, рентгенография, секвенирование клинического экзона нового поколения.

Выделение геномной ДНК проводилось из лейкоцитов периферической крови с помощью набора реактивов для выделения Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega, США) по протоколу производителя. Концентрацию ДНК, ДНФк после УЗ обработки, библиотек и конечного пула измеряли на приборе qubit2.0 с использованием реактивов (qubit BR, qubit HS) производителя по стандартному протоколу, представленность фрагментов различной длины ДНК после ультразвуковой обработки, библиотек, конечного пула смотрели на приборе TapeStation 4200 с использованием реактивов производителя (high sensitivity dna D1000) по стандартному протоколу. Для пробоподготовки была использована методика селективного захвата участков ДНК, относящихся к кодирующим областям около 20000 генов (набор IlluminaTruSeq® ExomeKit и IDT xGen® Exome Research Panel). Среднее покрытие полного экзона пациента составило  $\times 98,5$ ; количество таргетных областей с покрытием  $\geq \times 10$  — 93,16%; равномерность покрытия (uniformity Pct  $> 0.2 \cdot \text{mean}$ ) — 83,4%. Для названия

выявленных вариантов использовалась номенклатура, представленная на сайте <http://varnomen.hgvs.org/recommendations/DNA> версия 2.15.11. Обработка данных секвенирования проведена с использованием стандартного автоматизированного алгоритма, предлагаемого Illumina, для анализа данных, представленного на сайте <https://basespace.illumina.com>.

Для оценки популяционных частот выявленных вариантов использованы выборки проектов «1000 геномов», ESP6500 и The Genome Aggregation Database v2.1.1. Для оценки клинической релевантности выявленных вариантов использованы база данных OMIM, база данных по патогенным вариантам HGMD® Professional версия 2019.4. Оценка патогенности и причинности генетических вариантов проводилась в соответствии с международными рекомендациями по интерпретации данных полученных методами массового параллельного секвенирования [17].

Валидация выявленных вариантов у пробанда, генотипирование sibса и родителей проводилось методом прямого автоматического секвенирования по Сенгеру согласно протоколу фирмы-производителя на приборе ABIPrism 3100 (Applied Biosystems). Последовательности праймеров выбирали согласно референсной последовательности целевых участков гена *NPR2* NM\_003995.3.

У родителей больных sibсов было получено письменное информированное согласие на проведение молекулярно-генетического тестирования образцов крови и разрешение на анонимную публикацию результатов исследования.

### Результаты клинико-генетического анализа больных

Проведено клинико-рентгенологическое и молекулярно-генетическое обследование двух sibсов обоего пола с жалобами родителей на низкий рост и диспропорциональное телосложение у мальчика в возрасте 1 года 10 мес. и девочки в возрасте 1 года.

Родители sibсов, тувинцы по национальности, здоровы и не состоят в кровном родстве. Возраст обоих родителей — 23 года, рост матери — 151 см, отца — 168 см. Первая беременность в семье закончилась самопроизвольным выкидышем на сроке 3–4 нед.

Пациент 1 — мальчик, родился от 2-й беременности, во время которой на сроке 33 нед. при проведении ультразвукового исследования плода было выявлено укорочение трубчатых костей, от первых срочных родов. Вес при рождении составлял 3723 г, длина 50 см, окружность головы 35 см, груди — 34 см. Оценка по шкале Апгар 7/8 баллов. С рождения выявлены признаки внутриутроб-

ной гипоксии, кефалогематома правой теменной области. Раннее психомоторное развитие ребенка протекало соответственно возрасту (голову начал удерживать с 2 мес., сидеть с 6 мес., ходить с 1 года, говорить отдельные слова в 1 год 2 мес.), однако отмечалась выраженная задержка роста. В связи с подозрением на скелетную дисплазию в возрасте 1,5 лет было проведено рентгенологическое обследование, в результате которого обнаружено укорочение и утолщение длинных и коротких трубчатых костей.

При осмотре ребенка в возрасте 1 года 10 мес. выявлено значительное отставание в росте, который составлял 68 см (-8,4 SD), массы тела — 9 кг, макроцефалия с выступающими лобными буграми. Редкие волосы на голове. Акро- и мезомелическое укорочение конечностей, преимущественно верхних. Кисти широкие, с ульнарной девиацией. Брахидактилия в кистях и стопах. Отмечалась выраженная гипермобильность лучезапястных суставов в сочетании с тугоподвижностью локтевых суставов, кифоз в грудно-поясничном отделе и умеренно выраженная диффузная мышечная гипотония (рис. 1).

Пациент 2 — девочка (младшая сестра пациента 1), родилась от 3-й беременности, от вторых самостоятельных родов на сроке 37 нед., с весом 3120 г, длиной 47 см, окружностью головы 35 см, груди — 31 см, с оценкой по шкале Апгар 6/7 баллов в связи с признаками гипоксии мозга. Раннее развитие протекало с задержкой темпов приобретения двигательных навыков — голову начала держать в 6 мес., переворачиваться в 7 мес., на момент осмотра самостоятельно не садилась, не вставала, произносила несколько простых слов. При неврологическом осмотре выявлена умеренно выраженная диффузная мышечная гипотония, сухожильная гипорефлексия. На рентгенограммах выявлялись схожие с братом изменения длинных и коротких трубчатых костей, а также обращало на себя внимание уменьшение передне-заднего размера тела L2 позвонка.

При осмотре девочки в возрасте 1 года — рост 54 см (-10,9 SD), масса тела 6 кг, окружность головы 44,5 см. Крупная голова долихоцефальной формы с выступающим большим лбом (рис. 2а). Редкий рост волос на голове. В положении сидя в поясничной области отмечалось локальный кифоз (рис. 2б).



**Рис. 1.** Пациент 1, мальчик, 1 год 10 мес. Макроцефалия, укорочение конечностей, ульнарная девиация кистей, брахидактилия

**Fig. 1.** Patient 1, boy, 1 year 10 months. Macrocephaly, shortening of the limbs, ulnar deviation of the hands, brachidactyly



**Рис. 2.** Пациент 2, девочка, 1 год:

а — макроцефалия, низкорослость с укорочением конечностей, преимущественно предплечий, брахидактилия;  
б — локальный поясничный кифоз

**Fig. 2.** Patient 2, girl, 1 year old:  
a — macrocephaly, short stature with shortened limbs, mainly the forearms, brachidactyly;  
b — local lumbar kyphosis

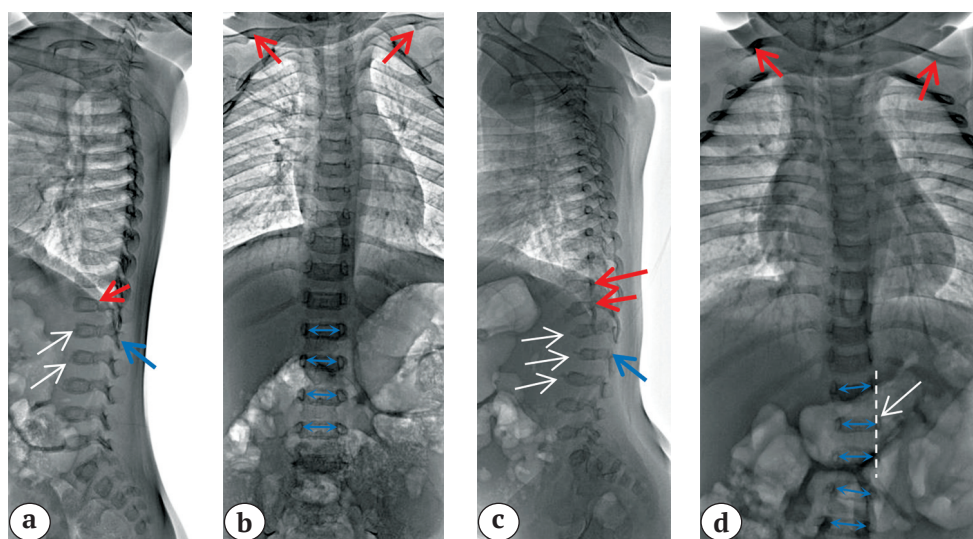


Укорочение конечностей. Дополнительные поперечные кожные складки предплечий. Широкие короткие кисти. Брахидактилия. Ульнарная девиация кистей. Выражена гипермобильность в суставах кистей. Неполное разгибание в локтевых суставах. Гипотония мышц живота.

У обоих пациентов на рентгенограммах позвоночника определялось характерное сочетание задней клиновидности нижнегрудных позвонков, передней клиновидности верхнепоясничных позвонков, кифоз в поясничном отделе (рис. 3 а, б). У младшей сестры изменения на рентгенограммах позвоночника были более выражены и вклю-

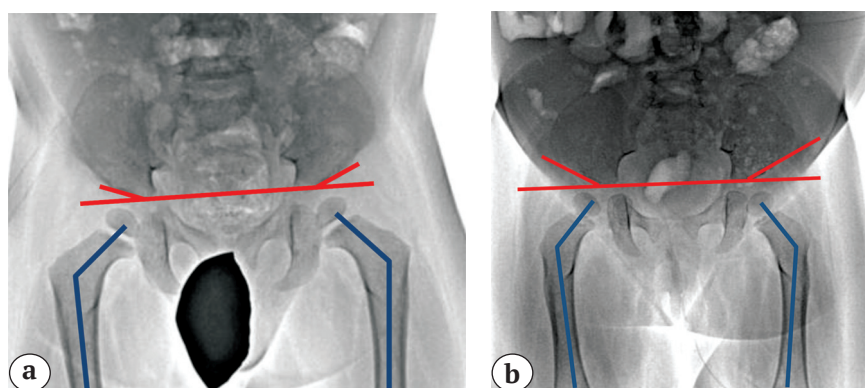
чали нарушение оссификации передних отделов тел позвонков в виде языкообразных выступов и латеролистез L2 (рис. 3 с, d). У обоих сибсов было выявлено отсутствие увеличения междужкового расстояния в поясничном отделе. На рентгенограммах грудной клетки обнаружены искривленные и высоко расположенные ключицы (рис. 3 б, d).

На рентгенограммах тазобедренных суставов выявлены умеренные признаки дисплазии (увеличение ацетабулярного индекса и шеечно-диафизарного угла), не требующие ортопедического лечения (рис. 4).



**Рис. 3.** Рентгенограммы позвоночника и грудной клетки пациентов 1 (а, б) и 2 (с, d): задняя клиновидность нижнегрудных позвонков (а, с — красные стрелки); передняя клиновидность верхнепоясничных позвонков (а, с — белые стрелки); поясничный кифоз (а, с — синие стрелки); искривленные и высоко расположенные ключицы (b, d — красные стрелки); отсутствие увеличения междужкового расстояния в поясничном отделе позвоночника (b, d — синие стрелки); латеролистез L2 (d — белая стрелка)

**Fig. 3.** X-rays of the spine and chest of the patients 1 (a, b) and 2 (c, d): posterior wedging of lower thoracic vertebrae (a, c — red arrows); anterior wedging of upper lumbar vertebrae (a, b — white arrows); lumbar kyphosis (a, b — blue arrows); curved and high-positioned clavicles (b, d — red arrows); the absence of an increase in the interpedicular distance in the lumbar spine (b, d — blue arrows); laterolisthesis L2 (d — white arrow)



**Рис. 4.** Рентгенограммы тазобедренных суставов пациентов 1 (а) и 2 (b): увеличение ацетабулярного индекса (красные линии) и шеечно-диафизарного угла (синие линии)

**Fig. 4.** X-rays of the hip joints of patients 1 (a) and 2 (b): increased acetabular index (red lines) and neck-shaft angle (blue lines)

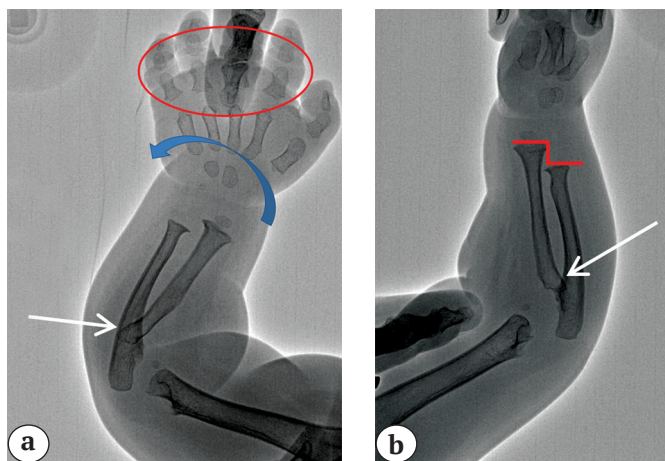
На рентгенограммах предплечий и кистей определены укорочение и искривление локтевой кости, тыльный подвывих головки лучевой кости, ульнарная девиация кистей, укорочение и расширение проксимальных и средних фаланг пальцев (рис. 5).

На рентгенограммах черепа отмечалось увеличение размеров турецкого седла и наличие вермиевых костей, долихоцефалия (рис. 6).

На основании генеалогического анализа, специфических клинических симптомов и изменений на рентгенограммах предполагалось наличие одного из вариантов редкой аутосомно-рецессивной скелетной дисплазии. Диагноз АМДМ был установлен при проведении секвенирования экзона, в результате которого выявлены два не описанных ранее как патогенные варианта в гене *NPR2* — инсерция пяти нуклео-

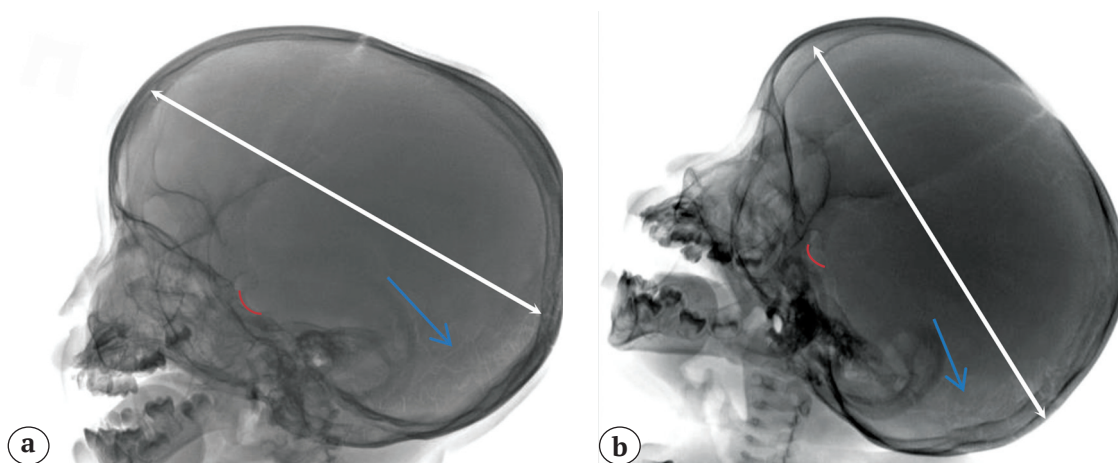
тидов в первом экзоне (chr9:35792530G>GTGGCG, c.125\_126insTGGCG), приводящая к сдвигу рамки считывания и образованию стоп-кодона (p.Trp42CysfsTer12, NM\_003995.3) и однонуклеотидная замена (p.Arg767Ter, NM\_003995.3) в экзоне 15 (chr9:35806157C>T, c.2299C>T), которая также приводила к образованию преждевременного стоп-кодона (p.Arg767Ter, NM\_003995.3). Оба варианта были выявлены у пробанда в гомозиготном состоянии.

Так же как и у большинства описанных в литературе больных с АМДМ, у наблюдаемых нами больных мутации локализовались в экзонах гена, кодирующих аминокислотные последовательности лиганд-связывающего и гуанилатциклазного белковых доменов, что свидетельствует об их важной функции в процессе формирования костей (рис. 7).



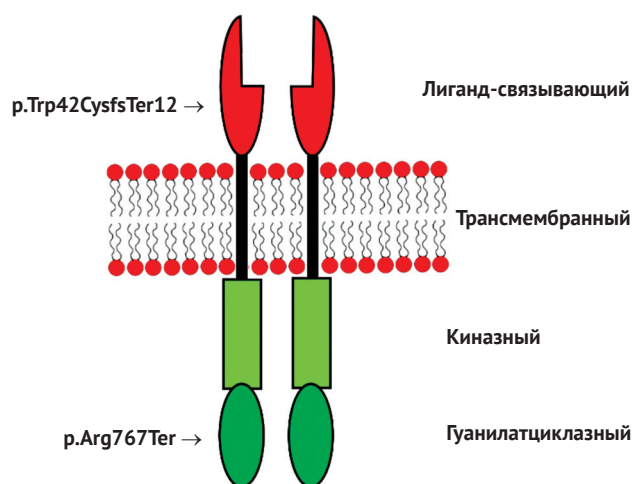
**Рис. 5.** Рентгенограммы предплечья и кисти пациента 2 в прямой (а) и боковой (b) проекциях: относительное укорочение локтевой кости (красная линия); тыльный подвывих головки лучевой кости (белые стрелки); ульнарная девиация кисти (синяя стрелка); короткие широкие основные и средние фаланги пальцев кисти (обведено красным)

**Fig. 5.** X-rays of the forearm and hand of patient 2 (a — anteroposterior, b — lateral view): relative shortening of the ulna (red line); dorsal subluxation of the radial head (white arrows); ulnar deviation of the hand (blue arrow); short and wide basal and middle phalanges of the fingers (red circle)



**Рис. 6.** Рентгенограммы черепа в боковой проекции пациентов 1 (а) и 2 (b): долихоцефалия (белые стрелки); удлиненное турецкое седло (красные линии); вермиевы кости (синие стрелки)

**Fig. 6.** Lateral X-rays of the skull of patients 1 (a) and 2 (b): dolichocephaly (white arrows); an elongated sella turcica (red lines); vermian bones (blue arrows)



**Рис. 7.** Локализация аминокислотных замен в доменах белка NPR2 у сибсов с АМДМ

**Fig. 7.** Localization of amino-acid substitutions in the domains of the NPR2 protein in siblings with AMDM

**Обсуждение**

АМДМ — один из генетических вариантов изолированных акромегалических дисплазий с аутосомно-рецессивным типом наследования. К настоящему времени описано три генетических варианта этой группы заболеваний. Помимо АМДМ, выделяют типы Гребе (OMIM:200700) и Хантера-Томсена (OMIM:201250), которые являются аллельными вариантами, обусловленными мутациями в гене GDF5. В отличие от АМДМ, клинические проявления двух других вариантов акромегалических дисплазий характеризуются более тяжелыми клиническими проявлениями, преимущественным поражением костей нижних конечностей, выраженным уменьшением размеров и искривлением длинных трубчатых костей, гипоплазией или аплазией метакarpальных и метатарзальных костей, а также проксимальных и дистальных фаланг пальцев кистей и стоп [3].

Нами описаны клинические и рентгенологические характеристики двух сибсов с вновь выявленными мутациями в гене NPR2. Семья проживала на территории Республики Тыва, расположенной на юге Восточной Сибири с численностью населения 327 388 человек. Родители отрицали наличие кровного родства и принадлежали к двум различным этносам тувинцев. Клинические проявления у обоих сибсов были типичными для АМДМ и характеризовались непропорциональным нанизмом, укорочением среднего и дистального сегментов конечностей, преимущественно верхних. Как и большинство больных, описанных в литературе, наблюдаемые нами сибсы рождались с нормальными росто-весовыми показателями, клинические

и рентгенологические проявления заболевания становились отчетливыми на первом году жизни. Отставание в росте и укорочение конечностей стало отчетливым в течение первого года жизни. На рентгенограммах позвоночника отмечалась задержка оссификации позвонков с их вторичной деформацией в виде задней клиновидности нижнегрудных позвонков и передней клиновидности верхнепоясничных позвонков, поясничный кифоз и отсутствие увеличения межпозвоночного расстояния в поясничном отделе позвоночника. На рентгенограммах конечностей выявлено укорочение локтевых костей, тыльный подвывих головки лучевой кости и искривление ее диафиза, укорочение и расширение фаланг пальцев. У обоих сибсов отмечалась макроцефалия и умеренная диффузная мышечная гипотония. Психоречевое развитие обоих пациентов соответствовало возрасту. Необходимо отметить, что симптомы заболевания у младшей сестры более выражены и характеризовались значительной задержкой роста (-10,9 SD) и темпов раннего моторного развития, а также деформацией лучевой кости, укорочением и расширением трубчатых костей в значительной степени. Дополнительными признаками у сибсов были тугоподвижность в локтевых суставах, ульнарная девиация кистей, а также долихоцефалия, удлинение турецкого седла и наличие вермиевых костей, выявленные при проведении рентгенографии черепа. Отмечены различия в тяжести клинических проявлений у пораженных сибсов. Так, у младшего ребенка, помимо выраженных типичных признаков АМДМ, отмечалась задержка темпов раннего моторного развития, однако наличие этих симптомов может быть обусловлено гипоксическим поражением мозга в перинатальном периоде.

В результате клинического секвенирования экзома выявлены две ранее не описанные мутации в гене NPR2: инсерция пяти нуклеотидов с.125\_126insTGGCG (p.Trp42CysfsTer12) в экзоне 1 и однонуклеотидная замена с.2299C>T (p.Arg767Ter) в экзоне 15. Обе мутации приводили к образованию стоп-кодона.

Оба варианта, выявленные у больных, являются патогенными, согласно критериям ACMG. Однако инсерция с.125\_126insTGGCG расположена в экзоне 1 и приводит к терминации трансляции белкового продукта гена через 12 аминокислотных остатков, поэтому очевидно, что вариант p.Arg767Ter в экзоне 15 не может оказывать влияния на фенотип, а просто входит в состав комплексного аллеля. Таким образом, молекулярной причиной акромегалической дисплазии, тип Марото в описываемой семье является патогенный вариант с.125\_126insTGGCG (p.Trp42CysfsTer12) в гомозиготном состоянии.

Известно, что ген *NPR2* содержит 22 экзона и кодирует гомодимерный белок, состоящий из четырех доменов — лиганд-связывающего, трансмембранного, протеинкиназного и гуанилатциклазного [18]. К настоящему времени описано 49 мутаций в гене *NPR2*, приводящих к возникновению АМДМ. Основное количество мутаций (57,1%) являются миссенс-заменами. Идентифицировано только 4 мутации сайта сплайсинга (8,2%), 9 нонсенс-мутаций (18,4%) и 8 (16,3%) мутаций со сдвигом рамки считывания, семь из которых представлены делециями, не кратными трем нуклеотидам, и лишь одна мутация, выявленная С.Ф. Bartels с соавторами в 2004 г. у пациента из Ливана, является инсерцией в сочетании с делецией с.2304\_2307delTTGGinsCTGATGGA (p.Trp769\*) [1]. Таким образом, обнаруженная нами инсерция пяти нуклеотидов в 15 экзоне гена является вторым случаем АМДМ, обусловленным мутацией этого типа. Так же как и у большинства описанных в литературе больных с АМДМ, у наблюдаемых нами больных мутации локализовались в экзонах гена, кодирующих аминокислотные последовательности лиганд-связывающего и гуанилатциклазного белковых доменов, что свидетельствует об их важной функции в процессе формирования костей (рис. 7). Результаты клинико-генетического обследования больных позволили получить еще одно свидетельство в пользу того, что к этой нозологической форме приводят мутации в участках гена *NPR2*, кодирующих аминокислотную последовательность лиганд-связывающего и гуанилатциклазного доменов.

В последние годы в связи с совершенствованием методов молекулярно-генетического анализа удалось уточнить этиопатогенетические механизмы большого числа моногенных вариантов скелетных дисплазий. Идентификация мутаций, ответственных за возникновение определенного генетического варианта этой группы заболеваний, позволяет определить спектр его клинических проявлений и значительно повысить эффективность проведения медико-генетического консультирования отягощенных семей, направленного на профилактику возникновения повторных случаев заболевания в отягощенных семьях. Выраженная генетическая гетерогенность скелетных дисплазий при сходстве клинических проявлений отдельных групп заболеваний, а также значительный размер генов, ответственных за их возникновение, позволяют рекомендовать использование клинического или полного секвенирования экзона в качестве основного метода диагностики нозологической формы.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

### Вклад авторов

*Маркова Т.В.* — сбор и обработка клинического материала, обзор литературы, написание текста статьи.

*Кенис В.М.* — разработка дизайна исследования, редактирование текста статьи.

*Миронович О.Л.* — проведение лабораторной молекулярно-генетической диагностики, анализ результатов исследований и написание текста статьи.

*Щагина О.А.* — обработка и анализ лабораторных данных, редактирование текста статьи.

*Нагорнова Т.С.* — проведение лабораторной молекулярно-генетической диагностики, анализ результатов исследований и написание текста статьи

*Мельченко Е.В.* — анализ полученных данных, написание текста статьи.

*Дадали Е.Л.* — разработка концепции исследования, редактирование текста статьи.

### Литература [References]

- Bartels C.F., Bükülmez H., Padayatti P., Rhee D.K., van Ravenswaaij-Arts C., Pauli R.M. et al. Mutations in the transmembrane natriuretic peptide receptor NPR-B impair skeletal growth and cause acromesomelic dysplasia, type Maroteaux. *Am J Hum Genet.* 2009;75(1):27-34. doi: 10.1086/422013.
- Maroteaux P., Martinelli B., Campailla E. Le nanisme acromésomélique [Acromesomelic dwarfism]. *Presse Med.* 1971;79(42):1839-1842. [In French].
- Faivre L., Le Merrer M., Megarbane A., Gilbert B., Mortier G., Cusin V. et al. Exclusion of chromosome 9 helps to identify mild variants of acromesomelic dysplasia Maroteaux type. *J Med Genet.* 2000;37(1):52-54. doi: 10.1136/jmg.37.1.52.
- Langer L.O.Jr., Beals R.K., Solomon I.L., Bard P.A., Bard L.A., Rissman E.M. et al. Acromesomelic dwarfism: Manifestations in childhood. *Am J Med Genet.* 1977;1(1):87-100. doi: 10.1002/ajmg.1320010110.
- Irfanullah, Umair M., Khan S., Ahmad W. Homozygous sequence variants in the NPR2 gene underlying Acromesomelic dysplasia Maroteaux type (AMDM) in consanguineous families. *Ann Hum Genet.* 2015;79(4):238-244. doi: 10.1111/ahg.12116.
- Wang W., Song M.H., Miura K., Fujiwara M., Nawa N., Ohata Y. et al. Acromesomelic dysplasia, type maroteaux caused by novel loss-of-function mutations of the NPR2 gene: Three case reports. *Am J Med Genet A.* 2016;170A(2):426-434. doi: 10.1002/ajmg.a.37463.
- Lin W.D., Wang C.H., Tsai F.J. Identification of one novel homozygous mutation in the NPR2 gene in a patient from Taiwan with acromesomelic dysplasia Maroteaux type. *Pediatr Neonatol.* 2018;59(3):322-323. doi: 10.1016/j.pedneo.2017.11.017.
- Tran T.H., Cao M.H., Luong L.H., Le P.T., Vu D.C., Ta T.D. et al. Acromesomelic dysplasia Maroteaux-type in patients from Vietnam. *Am J Med Genet A.* 2019;179(8):1420-1422. doi: 10.1002/ajmg.a.61192.
- Langer L.O., Garrett R.T. Acromesomelic dysplasia. *Radiology.* 1980;137(2):349-355. doi: 10.1148/radiology.137.2.7433666.
- Spranger J.W. Bone dysplasias: an atlas of genetic disorders of skeletal development. Oxford: Oxford University Press; 2012. 802 p.

11. Jones K.L., Jones M.C., Del Campo M. Smith's recognizable patterns of human malformation. Philadelphia, PA : Elsevier/Saunders; 2013. 1016 p.
12. Kant S.G., Polinkovsky A., Mundlos S., Zabel B., Thomeer R.T., Zonderland H.M. et al. Acromesomelic dysplasia Maroteaux type maps to human chromosome 9. *Am J Hum Genet.* 1998;63(1):155-162. doi: 10.1086/301917.
13. Tamura N., Doolittle L.K., Hammer R.E., Shelton J.M., Richardson J.A., Garbers D.L. Critical roles of the guanylyl cyclase B receptor in endochondral ossification and development of female reproductive organs. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2004;101(49):17300-17305. doi: 10.1073/pnas.0407894101.
14. Nakao K., Osawa K., Yasoda A., Yamanaka S., Fujii T., Kondo E. et al. The Local CNP/GC-B system in growth plate is responsible for physiological endochondral bone growth. *Sci Rep.* 2015;5:10554. doi: 10.1038/srep10554.
15. Kuhn M. Molecular Physiology of Membrane Guanylyl Cyclase Receptors. *Physiol Rev.* 2016;96(2):751-804. doi: 10.1152/physrev.00022.2015.
16. Stenson P.D., Ball E.V., Mort M., Phillips A.D., Shiel J.A., Thomas N.S. et al. Human Gene Mutation Database (HGMD): 2003 update. *Hum Mutat.* 2003;21(6):577-581. doi: 10.1002/humu.10212.
17. Richards S., Aziz N., Bale S., Bick D., Das S., Gastier-Foster J. et al. Standards and guidelines for the interpretation of sequence variants: A joint consensus recommendation of the American College of Medical Genetics and Genomics and the Association for Molecular Pathology. *Genet Med.* 2015;17(5):405-424. doi: 10.1038/gim.2015.30
18. Schulz S. C-type natriuretic peptide and guanylyl cyclase B receptor. *Peptides.* 2005;26(6):1024-1034. doi: 10.1016 / j.peptides.2004.08.027.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Маркова Татьяна Владимировна* — канд. мед. наук, врач-генетик консультативного отделения, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», Москва, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2672-6294>

*Кенис Владимир Маркович* — д-р мед. наук, заместитель директора ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5602-2805>

*Миронович Ольга Леонидовна* — канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории ДНК-диагностики, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», Москва, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0351-1271>

*Шагина Ольга Анатольевна* — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ДНК-диагностики, заведующая лабораторией молекулярно-генетической диагностики, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», Москва, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4905-1303>

*Нагорнова Татьяна Сергеевна* — лабораторный генетик лаборатории селективного скрининга, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», Москва, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4527-4518>

*Мельченко Евгений Викторович* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1139-5573>

*Дадали Елена Леонидовна* — д-р мед. наук, профессор, заведующая научно-консультативным отделом, ФГБНУ «Медико-генетический научный центр им. акад. Н.П. Бочкова», Москва, Россия

ORCID: <http://orcid/0000-0001-5602-2805>

## AUTHORS' INFORMATION:

*Tatyana V. Markova* — Cand. Sci. (Med.), Geneticist, Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2672-6294>

*Vladimir M. Kenis* — Dr. Sci. (Med.), Deputy Director, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5602-2805>

*Olga L. Mironovich* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0351-1271>

*Olga A. Shchagina* — Cand. Sci. (Med.), Head of the laboratory of Molecular Genetics, Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4905-1303>

*Tatyana S. Nagornova* — Geneticist, Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4527-4518>

*Evgeniy V. Melchenko* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1139-5573>

*Elena L. Dadali* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the clinical department, Research Centre for Medical Genetics, Moscow, Russian Federation

ORCID: <http://orcid/0000-0001-5602-2805>

## Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай)

С.В. Брагина<sup>1</sup>, П.В. Искусов<sup>2</sup>, Д.А. Лapidус<sup>2</sup>, А.Г. Ивашов<sup>2</sup>, В.Г. Куроптев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ АО «Архангельская областная клиническая больница», г. Архангельск, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Причинами формирования ложного сустава диафиза плечевой кости могут быть различные факторы риска и их сочетание, в том числе ятрогенные, связанные с несоблюдением методологии остеосинтеза, приводящие к нестабильности металлоконструкции и разрушительным последствиям такого осложнения для костной ткани, а также в целом для функции поврежденной конечности. **Описание клинического случая.** Пациентке 60 лет с переломом диафиза правой плечевой кости со смещением (12-А3) выполнен блокируемый интрамедуллярный остеосинтез. В дальнейшем развилась несостоятельность фиксации, и через 3 года после первичного хирургического вмешательства диагностировано сочетание двух осложнений: ложного сустава и дефекта плечевой кости с формированием травматической костной кисты дистального отдела. Пациентка повторно оперирована: выполнена резекция ложного сустава, удаление кисты правого плеча, ревизионный на костный металлоостеосинтез с костной аутопластикой. Получен положительный результат лечения — консолидация зоны ложного сустава, репарация костной структуры дистального отдела плечевой кости и восстановление функции суставов верхней конечности. **Заключение.** Представленный клинический случай демонстрирует важность тщательного предоперационного планирования остеосинтеза, а именно подбора соответствующего размера имплантата, выполнения адекватного интраоперационного блокирования интрамедуллярного стержня для создания стабильной системы «кость – фиксатор». Необходимо дальнейшее пунктуальное динамическое наблюдение пациента на амбулаторном этапе, раннее выявление возможных осложнений и своевременное хирургическое удаление нестабильного имплантата с проведением ревизионного остеосинтеза.

**Ключевые слова:** перелом диафиза плечевой кости, ложный сустав, костный дефект плечевой кости, осложнения интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза.

Брагина С.В., Искусов П.В., Лapidус Д.А., Ивашов А.Г., Куроптев В.Г. Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):150-157. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-150-157.

**Cite as:** Bragina S.V., Iskusov P.V., Lapidus D.A., Ivashov A.G., Kuroptev V.G. [Unstable Osteosynthesis of a Humeral Diaphyseal Fracture as a Cause of a Pseudoarthrosis and an Extensive Bone Defect (A Case Report)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):150-157. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-150-157.

✉ Брагина Светлана Валентиновна / Svetlana V. Bragina; e-mail: svetabragina69@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 26.06.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 25.08.2020.

## Unstable Osteosynthesis of a Humeral Diaphyseal Fracture as a Cause of a Pseudoarthrosis and an Extensive Bone Defect (A Case Report)

S.V. Bragina<sup>1</sup>, P.V. Iskusov<sup>2</sup>, D.A. Lapidus<sup>2</sup>, A.G. Ivashov<sup>2</sup>, V.G. Kuroptev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Arkhangelsk Regional Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** The causes of the formation of a humeral diaphyseal pseudoarthrosis can be various risk factors and their combination, including iatrogenic, associated with osteosynthesis technique non-compliance. This leads to instability of the metal constructions with the destructive consequences for the bone tissue and the injured limb function in general. **Case presentation.** A 60-year-old woman received a right humeral diaphyseal fracture with displacement (AO/ASIF 12-A3) and underwent locking intramedullary osteosynthesis. Subsequently, the fixation failure developed. In 3 years after the primary surgery, a combination of two complications was diagnosed: a nonunion and a defect of the humerus with the formation of a traumatic bone cyst in the distal part. The patient was reoperated: resection of the pseudoarthrosis, removal of the right humerus cyst, and revision plate osteosynthesis with bone autografting. A positive result of treatment was obtained: fracture consolidation, reparation of the distal humerus bone structure and restoration of the right upper limb function. **Conclusion.** The presented clinical case demonstrates the importance of careful preoperative planning of osteosynthesis: the selection of an appropriate implant size, and adequate intraoperative blocking of the intramedullary nail to create a stable “bone-fixator” system. The careful outpatient follow-up of the patient, early detection of possible complications and timely surgical removal of the unstable implant with revision osteosynthesis are required.

**Keywords:** humeral diaphyseal fracture, humeral diaphyseal nonunion, bone defect, locking intramedullary osteosynthesis, complications.

### Введение

Переломы диафиза плечевой кости встречаются в 1,0–13,5% случаев всех переломов костей скелета [1, 2, 3] и в 11–17% переломов длинных трубчатых костей [4, 5]. Более половины из них (60%) приходится на среднюю треть диафиза. У пожилых пациентов 60–70 лет переломы диафиза плечевой кости происходят при падении с высоты собственного роста на кисть вытянутой руки или согнутый локтевой сустав, при этом 75% пострадавших этой группы — женщины [6]. Ведущий метод лечения переломов этой локализации — хирургический [7, 8]. При этом нет единого мнения о способе фиксации отломков плечевой кости [9].

В современной медицинской практике существует выбор методов остеосинтеза. Целью хирургического вмешательства является восстановление оси, длины конечности и устранение ротационного смещения отломков. Современные требования к остеосинтезу заключаются в его минимальной травматичности при сохранении достаточного уровня стабильности фиксации. В большей степени при переломах длинных костей конечностей этим условиям отвечает интрамедуллярный остеосинтез стержнями с блокированием. Этот вид остеосинтеза явился определенным

«прорывом» в развитии травматологии и ортопедии, позволяя лечить переломы одновременно с восстановлением анатомии кости и функции суставов поврежденной конечности, благодаря лучшей стабильности системы «фиксатор — кость» и исключению необходимости внешней иммобилизации с возможностью ранней активизации и реабилитации пациентов [9, 10]. Но, несмотря на проведенный остеосинтез, сроки консолидации таких переломов длительные, может развиваться несращение перелома или даже сформироваться ложный сустав. Эти осложнения могут привести пациента к стойкой утрате трудоспособности [3]. Частота подобных осложнений при лечении переломов диафиза плечевой кости достигает 10,0–15,7% [11, 12]. Отмечено, что чаще несращение перелома и формирование ложного сустава плечевой кости регистрируется на уровне средней и нижней третей диафиза плечевой кости [13].

Представляем клинический случай лечения перелома средней трети диафиза плечевой кости после проведенного блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза с развитием нестабильности фиксатора, формированием ложного сустава и травматической костной кисты дистального отдела плечевой кости.

**Цель публикации** — продемонстрировать на клиническом примере редкий случай сочетания формирования ложного сустава и обширного травматического дефекта дистального отдела плечевой кости на фоне нестабильного интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза перелома диафиза плечевой кости.

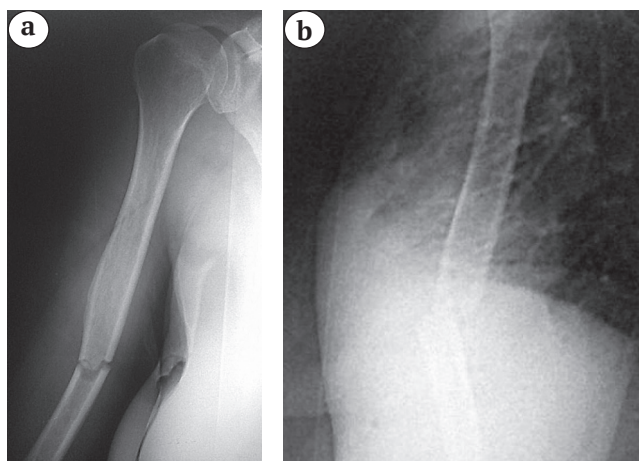
**Клинический случай**

Женщина 60 лет упала на улице с упором на правую кисть 23.01.2015. По срочным показаниям в тот же день была госпитализирована в травматологическое отделение многопрофильной больницы с диагнозом: перелом диафиза правой плечевой кости в средней трети со смещением (12-A3 по классификации АО/ASIF) (рис. 1). Выполнена иммобилизация правой верхней конечности гипсовой лонгетой по Турнеру. Пациентка обследована для хирургического вмешательства.

На 10-е сутки с момента поступления (02.02.2015) была выполнена операция: закрытая репозиция перелома, блокируемый интрамедуллярный остеосинтез правой плечевой кости. Проксимальное блокирование, так же как дистальное, произведено двумя винтами. Применялась внешняя иммобилизация косыночной повязкой до снятия швов. Ранний послеоперационный период протекал без осложнений. Пациентка выписана на амбулаторное лечение. Проводилась медицин-

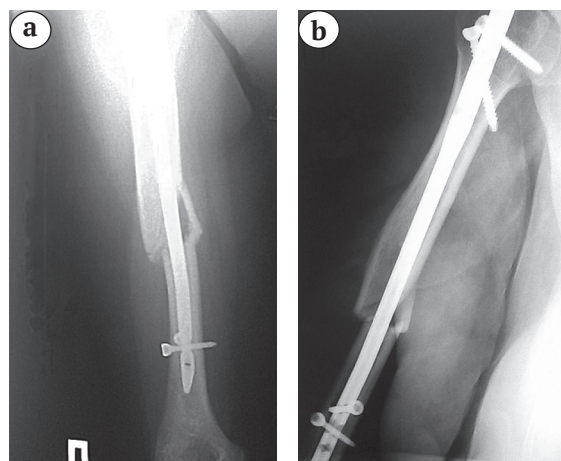
ская реабилитация для восстановления функции суставов поврежденной конечности. Через месяц с момента операции выполнена контрольная рентгенография правого плеча, по результатам которой определялось удовлетворительное положение отломков, рентгенологических признаков нестабильности интрамедуллярного фиксатора не выявлено (рис. 2).

Пациентку периодически беспокоили непродолжительные слабо выраженные боли в правом плече, по поводу которых она повторно к врачу не обращалась. Только через 2,5 года болевой синдром стал более выраженным, появился отек в области правого плеча, в связи с чем она обратилась в поликлинику, где была выполнена рентгенография правого плеча. Показания для оперативного лечения на тот момент травматологом-ортопедом поликлиники не установлены. Был продолжен курс консервативного лечения, включающий медикаментозную терапию нестероидными противовоспалительными средствами, препаратами кальция, физиотерапевтическое лечение, лечебную физкультуру. Через полгода в амбулаторных условиях снова выполнена рентгенография правого плеча. На рентгенограммах выявлены признаки нестабильного интрамедуллярного остеосинтеза, миграция интрамедуллярного стержня, дистальных винтов, ложный сустав с диастазом до 2 см между концами отломков. В дистальном отделе плечевой



**Рис. 1.** Рентгенограммы пациентки с переломом диафиза плечевой кости в средней трети со смещением отломков при поступлении в стационар:  
 а — в прямой проекции;  
 б — в трансторакальной проекции

**Fig. 1.** X-rays of the 60-year-old female patient on admission. The diaphyseal fracture of the humerus in the middle third with displacement of fragments:  
 a — the frontal plane;  
 b — transthoracic plane



**Рис. 2.** Рентгенограммы правой плечевой кости через один месяц после операции:  
 а — в прямой проекции; б — в боковой проекции. Положение отломков удовлетворительное, стабильная интрамедуллярная фиксация, определяется осколок в области проксимального отломка

**Fig. 2.** X-rays of the right humerus one month after the surgery: a — frontal plane; b — lateral plane. The position of the fragments is satisfactory, stable intramedullary fixation, a fragment is determined in the area of the proximal humerus



кости определяется многокамерное новообразование — деформация со вздутием и резким истончением кортикального слоя кости, нарушение костной структуры с лизисом костных балочек, миграция двух дистальных винтов на дно полости (рис. 3).

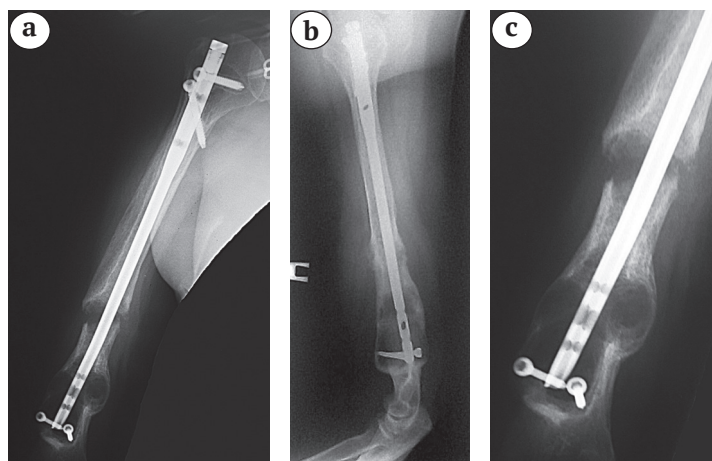
Пациентка была направлена на консультацию в областной онкологический диспансер и госпитализирована для дообследования. Выполнена пункционная биопсия новообразования. Заключение: данных за онкологическую патологию нет, диагноз: «костная киста дистального отдела правой плечевой кости».

Через неделю пациентка была госпитализирована для планового оперативного лечения в ГБУЗ АО «Архангельская областная клиническая больница», где 24.04.2018 была выполнена операция: удаление металлоконструкции из правой плечевой кости, резекция ложного сустава и удаление костной кисты правого плеча, ревизионный на костный металлоостеосинтез с костной аутопластикой. Операция проводилась под проводниковой анестезией и эндотрахеальным наркозом в положении больной на спине. Послойный разрез мягких тканей в верхней трети правого плеча длиной 4 см сопровождался техническими трудностями, обусловленными глубоким погружением интрамедуллярного стержня и проксимальных блокирующих винтов в головку плечевой кости. Выполнено удаление фиксатора, заглушки и двух проксимальных блокирующих винтов из правой плечевой кости. Послойно наложены швы на рану.

Отмечалась патологическая подвижность в средней трети правого плеча. Выполнен разрез кожи и глубже лежащих тканей в области крыла правой подвздошной кости длиной 7 см. Осцилляторной пилой выпилены два трансплантата размерами 5,0×5,0×1,0 см и 1,5×5,0×1,0 см. Произведен гемостаз. Установлен вакуум-дренаж к зоне взятия ауто трансплантата. Наложены послойные швы на рану, асептическая повязка.

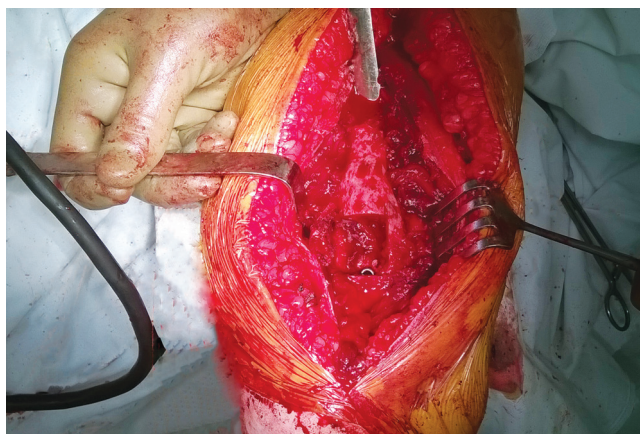
Пациентка уложена на левый бок, а правая рука на подставку. Выполнен разрез кожи и мягких тканей по задней поверхности правого плеча длиной 25 см. Выделена зона ложного сустава и кисты правого плеча. Определялись грубые рубцы в этой области, лучевой нерв вместе с мягкими тканями аккуратно отведен кнаружи крючком. Концы отломков зоны ложного сустава сглажены, склерозированы, в костномозговом канале — рубцовая ткань. Произведена резекция проксимального и дистального концов ложного сустава правой плечевой кости по 4 мм с каждой стороны. Костномозговой канал риммирован до кровотокающей кости, удалены рубцы. В области нижней трети плечевой кости кортикальный слой истончен и «выбухает» на протяжении 7 см, в двух местах перфорирован. Сформировано окно 4×2 см в области выбухающего истонченного кортикального слоя, вскрыта полость кисты, в которой содержалось незначительное количество геморрагической жидкости, рубцовые ткани серого цвета, два свободно лежащих винта в полости (рис. 4).

Содержимое травматической костной кисты удалено и направлено на патогистологическое исследование. Стенки полости обработаны шарообразной фрезой до кровотокающей кости, промыты 70% спиртом и иодопионом. В полость кисты плотно уложены костные ауто трансплантаты. В проксимальном и дистальном отломках области ложного сустава выпилены два паза размерами 1,5×1,0 см. Концы сопоставлены, в пазы уложен костный ауто трансплантат размером 4,0×1,0×0,7 см с перекрытием зоны ложного сустава. Выполнен ревизионный металлоостеосинтез плечевой кости от моделированной пластиной с угловой стабильностью и винтами. В лучевой нерв перинеурально введено 2 мл 0,5% раствора новокаина, сделано мышечное ложе для него. Выполнен интраоперационный рентгенографический контроль — положение отломков и имплантата удовлетворительное (рис. 5).

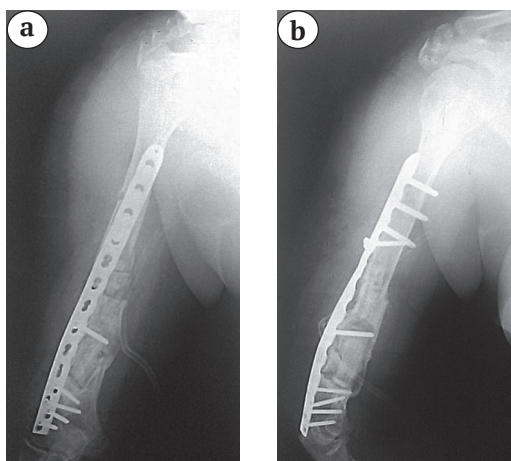


**Рис. 3.** Рентгенограммы правой плечевой через 3 года после операции: а — в прямой проекции; б — в боковой; с — прицельная рентгенограмма дистального отдела. Визуализируется миграция интрамедуллярного стержня, дистальных винтов; ложный сустав диафиза плечевой кости и многокамерное новообразование в дистальном отделе

**Fig. 3.** X-rays of the right humerus 3 years after the surgery: a — frontal plane; b — lateral plane; c — X-ray focused on the distal part. Migration of the intramedullary nail and distal screws, humeral diaphyseal fracture nonunion and multicameral neoplasm in the distal part are visualized



**Рис. 4.** Вид операционной раны: в дистальном отделе плечевой кости в проекции кисты сформировано окно  
**Fig. 4.** Surgical wound appearance: a window was formed in the distal humerus at the cyst projection

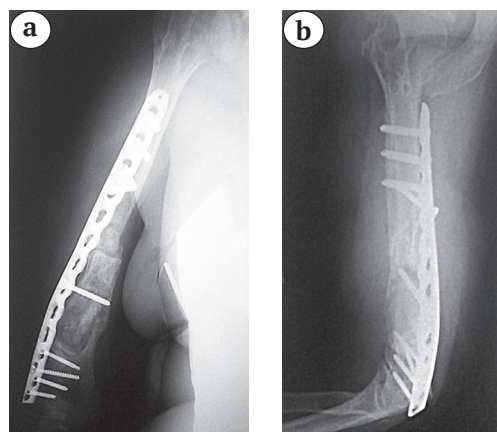


**Рис. 5.** Рентгенограммы правой плечевой кости, выполненные интраоперационно: а — в прямой проекции; б — в боковой. Состояние после удаления металлоконструкции из правой плечевой кости, резекции ложного сустава и удаления костной кисты дистального отдела и ревизионного накостного металлоостеосинтеза с костной аутопластикой  
**Fig. 5.** The intraoperative right humerus X-rays: a — frontal plane; b — lateral plane. The condition after removal of the metal construction from the right humerus, resection of the pseudarthrosis and removal of the distal bone cyst, revision plate osteosynthesis with bone autografting

Рана дренирована через отдельный прокол перфорированной пластиковой трубкой, наложены послойные швы. Применена внешняя иммобилизация косыночной повязкой. Длительность операции составила 7 ч. 10 мин., кровопотеря — 1,2 л.

Результаты патогистологического исследования — биопсийный материал представлен: мягкими тканями с очагами отека; мелкими петрификациями; участком молодой соединительной ткани; губчатой костью с фиброзом костно-мозговой полости и зрелой фиброзной тканью, вокруг которой выявлена единичная сосудистая лимфоидная инфильтрация.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Дренаж удален на вторые сутки, швы сняты на 12-е сутки. Раны зажили первичным натяжением. В послеоперационном периоде пациентка получала анальгетики, антибиотики (цефазолин 1 г 2 раза в день), дезагреганты (пентоксифиллин 400 мг 3 раза в день). Курс стационарного лечения продолжался 16 койко-дней. Выписана в удовлетворительном состоянии на амбулаторное лечение с рекомендациями: иммобилизация правой верхней конечности на отводящей ортезной повязке в течение 3 мес., ограничение нагрузки на правую руку 3 мес. При болевом синдроме рекомендованы нестероидные противовоспалительные средства, кальция карбонат 1000 мг/сутки, бисфосфонаты (алендроновая кислота 70 мг/нед.) длительно. Была осмотрена травматологом-ортопедом ГБУЗ АО «АОКБ» через 3, 6, 12, 18 мес. после операции, выполнен динамический рентгенографический контроль. Через 1,5 года после операции состоялась полная консолидация костной ткани зоны ложного сустава, костные трансплантаты перестроились, структура плечевой кости, кортикальный слой восстановлены (рис. 6).



**Рис. 6.** Рентгенограммы правой плечевой кости через 1,5 года после ревизионного накостного остеосинтеза с костной аутопластикой: а — в прямой проекции; б — в боковой. Определяется консолидация зоны ложного сустава и восстановление структуры кости  
**Fig. 6.** X-rays of the right humerus 1.5 years after the revision osteosynthesis with bone autografting: a — frontal plane; b — lateral plane. Radiographic evaluation revealed osseous healing and bone structure restoration

Результаты осмотра пациентки через 1,5 года после оперативного лечения: боль, деформация, отек в области правого плеча отсутствуют. Движения в правом плечевом суставе: сгибание — 170°, отведение — 170°, наружная ротация — 90°, внутренняя ротация — 90°. Движения в правом локтевом суставе: сгибание — 150°, разгибание — 20°, супинация — 90°, пронация — 90°. Чувствительность конечности не нарушена, движения пальцев правой кисти в полном объеме.

Послеоперационный рубец правого плеча без признаков воспаления. По опроснику The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) Outcome Measure [14] получен хороший функциональный результат — 27 баллов.

### Обсуждение

При несоблюдении методологии хирургического вмешательства возможно развитие специфических ошибок и осложнений, характерных только для остеосинтеза блокируемыми фиксаторами: отсутствие достаточной ротационной стабильности и межфрагментарной компрессии при поперечных и коротких косых переломах, нарушение соосности отверстий и затруднения блокирования, появление деформаций и разрушения блокирующих элементов, ошибки в выборе размера фиксатора, блокирование фиксатора с наличием диастаза, или в положении ротационного смещения дистального отломка [13]. Исходом лечения в этих ситуациях может явиться нарушение репаративной регенерации костной ткани, требующее повторных оперативных вмешательств с использованием костной пластики и дополнительных металлоконструкций [10, 12, 15]. Соответственно для проведения качественного интрамедуллярного остеосинтеза гвоздями с блокированием требуется соблюдение методологии остеосинтеза, правильный подбор имплантатов, наличие соответствующего инструментария и навыков оперирующего хирурга [15]. Рост хирургической активности, связанной с внутренней фиксацией переломов, демонстрирует новые типы осложнений, с которыми ранее травматологам сталкиваться не приходилось [16].

Несомненно, на современном этапе развития травматологии нельзя признать решенной проблему лечения переломов длинных костей, в том числе и плечевой кости [17]. Для развития осложнений или, наоборот, благоприятного исхода лечения имеет большое значение сочетание общих и местных факторов, зависящих от пациента (возраста, статуса сопутствующей патологии, локализации и типа перелома, степени повреждения мягких тканей, длительности периода, прошедшего от момента травмы до операции), а также от способа фиксации костных отломков и других [18, 19].

Известно, что костная ткань пластична, и при функциональной нагрузке со средними величинами механического воздействия формируется ее архитектура. Снижение или увеличение функциональной нагрузки на кость активизирует процессы ремоделирования с перестройкой кости в соответствии с нагрузкой [20]. После проведенного остеосинтеза при переломах костей могут быть созданы условия значительных упругих деформаций в матрице костной ткани, что является фактором, запускающим реакции перераспределения механической нагрузки. Последующий каскад неблагоприятных событий приводит к возникновению и прогрессированию резорбции костной ткани на границах «кость – кость» или «кость – имплантат» [21]. Оценка результатов остеосинтеза переломов диафиза плечевой кости специалистами неоднозначна, что обусловлено разными подходами к методике проведения хирургического вмешательства, применением различных видов имплантатов и отсутствием универсальной оценки исходов лечения пациентов [22].

По нашему мнению, причиной формирования ложного сустава и травматической кисти правого плеча у данной пациентки явился выполненный с нарушением методологии блокируемый интрамедуллярный остеосинтез перелома средней трети диафиза плечевой кости. Ретроспективно на рентгенограммах правого плеча после первично проведенного остеосинтеза выявлено, что диаметр стержня 7 мм недостаточен для фиксации данного перелома, проксимальные блокирующие винты упираются в стержень, а не в кортикальный слой плечевой кости, дистальное блокирование выполнено двумя винтами при коротком дистальном отломке (короткий рычаг), один винт установлен в овальном отверстии. Раскачивающийся при движениях в суставах поврежденной конечности нестабильный интрамедуллярный гвоздь травмировал кортикальный слой изнутри, вызывая дистрофические изменения костной ткани, приведшие к ее резорбции и лизису. Длительное отсутствие специализированной помощи на фоне нестабильной металлоконструкции привело не только к формированию ложного сустава, но и значительному разрушению дистального отдела плечевой кости.

Представленный клинический случай демонстрирует важность тщательного предоперационного планирования остеосинтеза, а именно подбора соответствующего размера имплантата, выполнения адекватного интраоперационного блокирования интрамедуллярного стержня для создания стабильной системы «кость-фиксатор». Необходимо дальнейшее пунктуальное динамическое наблюдение пациента на амбулаторном

этапе, раннее выявление возможных осложнений и своевременное хирургическое удаление нестабильного имплантата с проведением ревизионного остеосинтеза.

#### Этика публикации

Пациентка дала добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Брагина С.В.* — написание и редактирование текста, обзор публикаций по теме статьи, обследование пациента, анализ и интерпретация полученных данных.

*Искусов П.В.* — написание и редактирование текста, обследование пациента, проведение оперативного вмешательства, анализ и интерпретация полученных данных.

*Липидус Д.А.* — обследование пациента, проведение оперативного вмешательства, анализ полученных данных.

*Ивашиов А.Г.* — обследование пациента, проведение оперативного вмешательства, анализ полученных данных.

*Куроптев В.Г.* — обследование пациента, проведение оперативного вмешательства, анализ полученных данных.

#### Литература [References]

1. Донченко С.В., Лебедев А.Ф., Черняев А.В., Симонян А.Г. Малоинвазивный остеосинтез плечевой кости из переднего доступа: анатомическое обоснование, показания, первые результаты. *Московский хирургический журнал*. 2013;(2):38-43. Donchenko S.V., Lebedev A.F., Chernyaev A.V., Simonyan A.G. [Minimally invasive osteosynthesis of the humerus from the anterior approach: anatomical justification, indications, first results]. *Moskovskii khirurgicheskii zhurnal* [Moscow Surgical Journal]. 2013;(2):32-37. (In Russian).
2. Барабаш Ю.А., Барабаш А.П., Гражданов К.А. Эффективность видов остеосинтеза при переломах плечевой кости и их последствиях. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014;(10):76-80. Barabash Y.A., Barabash A.P., Grazhdanov K.A. [Efficiency types of osteosynthesis for fractures of the humerus and their consequences]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2014;(10):76-80. (In Russian).
3. Ямковой А.Д., Зоря В.И. Лечение диафизарных переломов плечевой кости интрамедуллярной системой Fixion. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2016;(Спецвыпуск):65-67. Yamkovo A.D., Zorya V.I. [Treatment of diaphyseal fractures of the humerus with the intramedullary Fixion system]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department of Traumatology and Orthopedics]. 2016;(Special issue):65-67. (In Russian).
4. Liu B., Xiong Y., Deng H., Gu Sh., Jia F., Li Q. et al. Comparison of our self-designed rotary self-locking intramedullary nail and interlocking intramedullary nail in the treatment of long bone fractures. *J Orthop Surg Res*. 2014;9:47. doi: 10.1186/1749-799X-9-47.
5. Неверов В.А., Черняев А.Н., Шинкаренко Д.В. Тактика лечения переломов плечевой кости, осложненных повреждением периферических нервов. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2015;(6):42-45. Neverov V.A., Chernyaev A.N., Shinkarenko D.V. [Therapeutic approach to humeral bone fractures complicated by peripheral nerve trauma]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* [Bulletin of Surgery. I.I. Grekov]. 2015;(6):42-45 (In Russ.).
6. Tytherleigh-Strong G., Walls N., McQueen M.M. The epidemiology of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(2):249-253. doi: 10.1302/0301-620x.80b2.8113.
7. Ruedi T.P., Buckley R.E., Moran C.G. AO Principles of Fracture Management. 2<sup>nd</sup> expanded ed. AO Publishing: Switzerland; 2007. pp. 597-607.
8. Canale S.T., Beaty J.H. Campbell's Operative Orthopaedics. 12th ed. Elsevier Mosby; 2013. pp. 2852-2862.
9. Гражданов К.А., Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Чибриков А.Г., Кауц О.А., Ермолаев П.Е. Хирургическое лечение оскольчатых переломов диафиза плечевой кости. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2019;15(3):636-640. Grazhdanov K.A., Barabash A.P., Barabash Yu.A., Chibrikov A.G., Kauts O.A., Ermolaev P.E. [Surgical management of humeral shaft comminuted fractures]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2019;15(3):636-640. (In Russian).
10. Литовченко В.А., Горячий Е.В., Березка Н.И., Спесивый И.И. Наиболее распространенные ошибки при применении интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза. *Травма*. 2012;(4):145-148. Litovchenko V. A., Garjachij E.V., Berezka N. I., Spesivyy I.I. [The most common mistakes using intramedullary blocking osteosynthesis]. *Travma* [Injury]. 2012;(4): 145-148.
11. Blum J., Janzing H., Gahr R., Langendorff H.S., Rommens P.M. Clinical performance of a new medullary humeral nail: antegrade versus retrograde insertion. *J Orthop Trauma*. 2001;15(5):342-349. doi: 10.1097/00005131-200106000-00007.
12. Барабаш А.П., Гражданов К.А. Планирование выбора вида остеосинтеза при повреждениях и последствиях травм плечевой кости. *Амурский медицинский журнал*. 2015;12(4):189-190. Barabash A.P., Grazhdanov K.A. [Planning the choice of the type of osteosynthesis for injuries and consequences of injuries of the humerus]. *Amurskii meditsinskii zhurnal* [Amur Medical Journal]. 2015;12(4):189-190. (In Russian).
13. Гражданов К.А., Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Кауц О.А. Интрамедуллярный остеосинтез в лечении последствий переломов плечевой кости. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(3):523-529. Grazhdanov K.A., Barabash A.P., Barabash Yu.A., Kauts O.A. [Intramedullary osteosynthesis in the treatment of humerus fracture consequences]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2018;14(3):523-529. (In Russian).

14. Hudak P.L., Amadio P.C., Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. *Am J Ind Med.* 1996;29(6):602-608. doi: 10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L.
15. Бельский И.Г., Майоров Б.А., Ли С.Х. Оперативное лечение переломов диафиза плечевой кости. Современный взгляд на проблемы и пути их решения. *Фундаментальные исследования.* 2014;(10):1849-1857. Belenkiy I.G., Mayorov B.A., Li S.H. [Surgical treatment of the humeral shafts fractures. Modern look at the problems and their solutions]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2014;(10):1849-1857. (In Russian).
16. Ложкин В.В., Зоря В.И. Переломы (разрушения) металлофиксаторов при остеосинтезе костей конечностей (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2017;29(3):20-25. Lozhkin V.V., Zorya V.I. [Fractures of implants in osteosynthesis of limb bones. (literature review)]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department Traumatology and Orthopedics]. 2017;29(3):20-25 (In Russian).
17. Ткаченко А.Н., Уль Хак Э., Алказ А.В., Ранков М.М., Хромов А.А., Фадеев Е.М и др. Частота и структура осложнений при лечении переломов длинных костей конечностей (Обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2017;29(3):87-94. Tkachenko A.N., Ul' Hak E., Alkaz A.V., Rankov M.M., Khromov A.A., Fadeev E.M. et al. [Frequency and structure of complications in long limb bones fracture treatment (literature review)]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department Traumatology and Orthopedics]. 2017;29(3):87-94. (In Russian).
18. Писарев В.В., Львов С.Е., Ошурков Ю.А., Калуцков В.В., Кулыгин В.Н., Львов А.С. Инфекционные осложнения послеоперационной раны при металлоостеосинтезе закрытых переломов длинных трубчатых костей. *Травматология и ортопедия России.* 2008;(2):14-19. Pisarev V.V., Lvov S.E., Oshurkov Yu.A., Kalutskov V.V., Kulygin V.N, Lvov A.S. [The infectious complications of a postoperative wound at the metalloosteosynthesis of closed fractures of long tubular bones]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2008;(2):14-19. (In Russian).
19. Pugel A.J. Martin C.T., Gao Y., Klocke N.F., Callaghan J.J., Marsh J.L. A risk calculator for short-term morbidity and mortality after hip fracture surgery. *J Orthop Trauma.* 2014;28(2):63-69. doi: 10.1097/BOT.0b013e3182a22744.
20. Соловьев В.А., Шинкаренко Т.В. Происхождение, дифференцировка и морфофункциональная характеристика клеток костной ткани. *Верхневолжский медицинский журнал.* 2011;9(3):49-54. Solov'ev V.A., Shinkarenko T.V. [Origin, differentiation and morphological and functional characteristics of bone cells]. *Verkhnevolzhskii meditsinskii zhurnal* [Upper Volga Medical Journal]. 2011;9(3):49-54. (In Russian).
21. Мюллер М.Е. Альговер М., Шнайдер Р. Руководство по внутреннему остеосинтезу. Гейдельберг; Нью-Йорк: Springer-Verlag, 1996. 750 с.
22. Бельский И.Г., Кутянов Д.И., Спесивцев А.Ю. Структура переломов длинных костей конечностей у пострадавших, поступающих для хирургического лечения в городской многопрофильный стационар. *Вестник СПбГУ.* 2013;(1):134-139. Belenkiy I.G., Kutyanov D.I., Spesivtsev A.Ju. [Long-bone fractures in patients who need surgical treatment in municipal multi-field emergency hospital]. *Vestnik SPbGU* [Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine]. 2013;(1):134-139. (In Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Брагина Светлана Валентиновна* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и ВХ, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0900-4572>

*Искусов Павел Викторович* — врач травматолог-ортопед, ГБУЗ АО «Архангельская областная клиническая больница», г. Архангельск, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7170-8194>

*Липидус Дмитрий Александрович* — заведующий отделением травматологии и ортопедии, ГБУЗ АО «Архангельская областная клиническая больница», г. Архангельск, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6930-0034>

*Ивашов Алексей Геннадьевич* — врач травматолог-ортопед, ГБУЗ АО «Архангельская областная клиническая больница», г. Архангельск, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9748-3202>

*Куроптев Вячеслав Геннадьевич* — врач травматолог-ортопед, ГБУЗ АО «Архангельская областная клиническая больница», г. Архангельск, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7066-3913>

#### AUTHORS' INFORMATION:

*Svetlana V. Bragina* — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor Traumatology, Orthopedics and Military Surgery Department, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0900-4572>

*Pavel V. Iskusov* — Orthopedic Surgeon, Arkhangelsk Regional Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7170-8194>

*Dmitry A. Lapidus* — Head of Traumatology and Orthopedics Department, Arkhangelsk Regional Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6930-0034>

*Alexey G. Ivashov* — Orthopedic Surgeon, Arkhangelsk Regional Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9748-3202>

*Vyacheslav G. Kuroptev* — Orthopedic Surgeon, Traumatology and Orthopedics Department, Arkhangelsk Regional Clinical Hospital, Arkhangelsk, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7066-3913>

## Комментарий к статье «Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай)»

И.Г. Беленький

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»  
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

СПбГБУЗ «Александровская больница», Санкт-Петербург, Россия

## Comment to the Article “Unstable Osteosynthesis of a Humeral Diaphyseal Fracture as a Cause of a Pseudoarthrosis and an Extensive Bone Defect (A Case Report)”

I.G. Belen'kiy

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Aleksandrovskaya Hospital, St. Petersburg, Russian Federation

Статья представляет несомненный интерес как в клиническом, так и в организационном аспектах. Во-первых, авторы продемонстрировали результат успешного лечения пациентки с тяжелым осложнением после интрамедуллярного остеосинтеза. Во-вторых, заслуживает внимания не столько сам факт возникновения подобного осложнения, сколько степень его развития и длительность существования патологического процесса, свидетельствующие о недостатках в работе системы оказания помощи травматологическим больным.

Тезис авторов о том, что основным методом лечения переломов диафиза плечевой кости является хирургический, в современной литературе подвергается сомнению. Ряд исследователей свидетельствует о том, что большинство переломов

диафиза плечевой кости можно вылечить консервативно [1, 2]. Оперативное лечение рекомендуется в случаях открытых переломов, сопутствующих внутрисуставных переломах и нейроваскулярных повреждениях, невозможности адекватной репозиции при консервативном лечении [3], у пациентов с политравмой, а также при нестабильных оскольчатых высокоэнергетических переломах [1, 4]. Безусловно, консервативное лечение является многоэтапным и требует внимания со стороны врача. При выборе метода лечения необходимо также учитывать наиболее частые предикторы несращения при консервативном лечении. Это перелом проксимальной трети диафиза, косая линия перелома в верхней трети диафиза, диастаз между отломками, а также курение и женский пол [5].

Тем не менее, сравнительный анализ результатов консервативного и оперативного лечения показывает, что доля несращений при консервативном лечении составляет 20,6% в сравнении с 8,7% в группе хирургического лечения, доля неправильных сращений — 12,7% и 1,3%, доля нейропатий лучевого нерва — 9,5% и 2,7% соответственно.

### • Комментарий к статье

Брагина С.В., Искусов П.В., Лapidус Д.А., Ивашов А.Г., Куроптев В.Г. Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):150-157. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-150-157.

Беленький И.Г. Комментарий к статье «Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай)». *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):158-162. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-158-162.

**Cite as:** Belen'kiy I.G. [Comment to the Article “Unstable Osteosynthesis of a Humeral Diaphyseal Fracture as a Cause of a Pseudoarthrosis and an Extensive Bone Defect (A Case Report)”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):158-162. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-158-162.

✉ Беленький Игорь Григорьевич / Igor' G. Belenkiy; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

При этом различия в сроках сращения и функциональных результатах отсутствуют [6]. Дискуссии о месте консервативного лечения при переломах диафиза плечевой кости ведутся достаточно давно. Наконец, точку в вопросе выбора между оперативным и консервативным лечением поставила международная группа авторов, опубликовавшая в этом году результаты метаанализа двух рандомизированных (150 пациентов) и 10 наблюдательных (1262 пациента) исследований, на основании которых были сделаны следующие выводы: получить удовлетворительный результат можно как консервативным, так и оперативным лечением. Однако, оперативное лечение уменьшает риски несращения и, вопреки сложившемуся мнению, не увеличивает риски нейропатии лучевого нерва. Различия в сроках сращения и функциональных результатах отсутствуют [7].

Исходя из этой информации, принятие решения о консервативном лечении в описанном клиническом случае было бы приемлемым: на первичных рентгенограммах мы видим перелом 12 А3 по классификации АО с почти поперечной линией перелома и отсутствием значимого смещения отломков по ширине, то есть устойчивый к смещениям по длине низкоэнергетический несложненный перелом. С другой стороны, оперативное лечение этой травмы также являлось возможной опцией.

Говоря о выборе метода остеосинтеза, следует сказать, что интрамедуллярный остеосинтез переломов плечевой кости, в отличие от бедренной и большеберцовой, не является общепринятым «золотым стандартом» лечения. Преимущества метода, о которых пишут авторы статьи, безусловно, имеют место. Однако, результаты многочисленных исследований не говорят о превосходстве интрамедуллярного остеосинтеза над другими способами фиксации переломов диафиза плечевой кости. Скорее, наоборот. До появления методики минимально инвазивного накостного остеосинтеза (MIPO) основной альтернативой интрамедуллярному остеосинтезу был метод открытой репозиции и внутренней фиксации пластинами (ORIF). И сегодня интрамедуллярный остеосинтез и ORIF используются наиболее часто. При этом консенсус по поводу оптимального метода хирургического лечения отсутствует. Оба метода имеют свои преимущества и недостатки. Интрамедуллярный остеосинтез распределяет нагрузки на имплантат за счет его длины, сохраняет периостальное кровообращение и минимизирует расстройства биологии в зоне перелома. Остеосинтез пластинами обеспечивает возможность прямой визуализации перелома, анатомичной репозиции и ригидной фиксации, а также визуализации и защиты лучевого нерва в процессе

манипуляций [8]. Рандомизированные клинические исследования, посвященные этой проблеме, а также метаанализы, дают противоречивые результаты. Обобщив имеющиеся данные, J. Zhao с соавторами (2015) сделали следующие выводы: с позиций доказательной медицины различия между двумя методиками в сращении перелома, нейропатии лучевого нерва и инфекции незначимы. Однако, интрамедуллярный остеосинтез значительно увеличивает риски осложнений со стороны плечевого сустава (импиджмент и контрактуры) и реопераций. Из этого, по мнению авторов, следует, что остеосинтез пластинами является предпочтительным [8]. Действительно, результаты метаанализов неоднозначны. Так, другая группа китайских исследователей, сравнивая результаты накостного и интрамедуллярного остеосинтеза, пришла к выводу о том, что разница заключается только в удлинении времени сращения переломов после интрамедуллярного остеосинтеза [9]. Вопрос о предпочитаемом методе остеосинтеза пытаются решить и J. G. Putnam et al. (2019). Авторы выполнили ретроспективный анализ результатов остеосинтеза плечевой кости у 2009 пациентов. Из них у 1418 больных (70,6%) выполнена фиксация пластиной, а у 591 (29,4%) — интрамедуллярная фиксация. Анализ показал неожиданные результаты. В группе интрамедуллярной фиксации пациенты были достоверно старше и имели достоверно выше класс по ASA. Они также имели больше сопутствующих заболеваний и, соответственно, чаще имели системные осложнения. Пациенты, которым выполнен остеосинтез пластинами, чаще жили самостоятельно. При этом время операции остеосинтеза пластинами было достоверно больше интрамедуллярного остеосинтеза. Местных осложнений в группе накостного остеосинтеза также было больше за счет ятрогенных нейропатий и инфекции (1,4% против 0,2%). Летальность в группе интрамедуллярного остеосинтеза была достоверно выше (5,4% против 0,9%). Основываясь на полученных результатах, авторы делают вывод о том, что интрамедуллярный остеосинтез не должен быть предпочтительной опцией у больных с сопутствующей соматической патологией [2].

При сравнительном анализе вероятности повторной госпитализации в течение 30 дней после ORIF и интрамедуллярного остеосинтеза на популяции из 812 больных с несложненными диафизарными переломами плечевой кости выявлено отсутствие статистически значимых различий в группах по сопутствующим заболеваниям, виду страхового полиса, доходу, доле открытых переломов, повторным госпитализациям и срокам пребывания в стационаре. Зависимость частоты повторных госпитализаций от способа остеосинтеза и длительности пребывания в стационаре не

выявлена, однако отмечено, что факторами риска повторной госпитализации являются застойная сердечная недостаточность, электролитные расстройства. Удлиняют сроки стационарного лечения возраст, хроническая сердечная недостаточность, электролитные расстройства, ожирение, открытые переломы [10].

Не так часто в работах, посвященных анализу результатов остеосинтеза, встречается исследование степени восстановления ротационного смещения отломков плечевой кости. Это особенно важно при изучении малоинвазивных способов фиксации, где вероятность подобных ошибок велика в силу отсутствия прямого визуального контроля за положением отломков. Это предположение подтвердило рандомизированное клиническое исследование, которое показало наличие патологической внутренней ротации на  $20^\circ$  и более в группе интрамедуллярного остеосинтеза у 27,2% больных при полном отсутствии ее в группе остеосинтеза пластинами. При этом выявлены сильная корреляционная зависимость между ротационным смещением и утратой функции плечевого сустава [11].

В последнее десятилетие набирает популярность метод малоинвазивного остеосинтеза пластинами (МИПО). Это обусловлено неудовлетворенностью традиционными способами фиксации отломков. Сравнение МИПО и ORIF показало, что статистически значимые различия между группами в сращении перелома и послеоперационной функции конечности отсутствуют. Выявлены значительные различия в частоте остаточного ротационного смещения более  $20^\circ$  (40,9% в группе МИПО и 0% в группе ORIF) при наличии линейной зависимости между величиной ротационного смещения и ограничением ротационных движений. Авторы склоняются к тому, что МИПО имеет преимущества с точки зрения косметического результата, однако не улучшает функциональные исходы лечения. Более того, МИПО, как и интрамедуллярный остеосинтез, ассоциируется с нарушением ротации, что является причиной последующих дегенеративных изменений в области плечевого сустава [12].

Метаанализ трех методов оперативного лечения переломов диафиза плечевой кости (ORIF, интрамедуллярного остеосинтеза и МИПО) показал, что клинические исходы МИПО лучше в отношении частоты развития инфекции и несращений в сравнении с другими методами. Кроме того, при выполнении МИПО отмечено уменьшение времени оперативного вмешательства [13]. Наш собственный опыт говорит о том, что при сравнении МИПО и ORIF у пациентов с переломами нижней трети диафиза плечевой кости метод ORIF менее предпочтителен из-за частоты развития послеоперационной нейропатии лучевого нерва (18% против

0% в группе МИПО) [14]. Сравнение же трех способов остеосинтеза (ORIF, интрамедуллярного остеосинтеза и МИПО) в сопоставимых клинических группах показало, что по общей доле осложнений преимущество имеет МИПО (18%). Эти осложнения заключались в нестабильности фиксации (12%) и импиджменте (6%). В группе ORIF зарегистрировано 35% осложнений, представленных ятрогенной нейропатией лучевого нерва (15%), нестабильностью и импиджментом. Наибольшая доля осложнений (45%) пришлось на группу интрамедуллярного остеосинтеза. К ним относились импиджмент (12%), ятрогенная нейропатия (9%), раскалывание кости (9%), нестабильность (6%), несращение (6%), инфекция (3%). Немаловажно, что время работы ЭОП при операциях МИПО было достоверно меньше, чем при ORIF (54,8 сек. против 127,6 сек.) [15].

Таким образом, в представленном клиническом случае выбор в пользу интрамедуллярного остеосинтеза, несмотря на имеющиеся недостатки в сравнении с альтернативными методами, был адекватной опцией, которая с большой долей вероятности должна была привести к позитивному результату. Однако этого не произошло. Что могло послужить причиной? Авторы статьи высказали предположение о недостаточном диаметре гвоздя. Действительно, диаметр гвоздя можно было бы увеличить, но для этого было необходимо рассверливать костномозговой канал, так как на послеоперационной рентгенограмме диаметр гвоздя соответствует диаметру костномозгового канала дистального отломка. Следовательно, рассверливание и имплантация гвоздя большего диаметра могли только лишь улучшить стабильность фиксации проксимального отломка, в то время как нестабильность развилась в дистальном. Обращает на себя внимание и смещение отломков по ширине почти на треть поперечника кости после остеосинтеза. Это косвенно свидетельствует о наличии остаточного ротационного смещения отломков. Видно также раскалывание проксимального отломка в зоне перелома. Блокирование выполнено с введением двух винтов проксимально и дистально, как и требует технология фиксации. Несмотря на отдельные дефекты, этот перелом мог консолидироваться после выполненной таким образом операции. Опытные хирурги могут привести множество примеров позитивного исхода в гораздо более проблемных ситуациях. Однако этого не произошло. Как известно, на сращение перелома влияют биологические и механические факторы [16]. В данном случае первичная механическая стабильность была достигнута. О биологических проблемах можно только рассуждать. Возможно, операция была излишне травматичной, долго не удавалось ввести гвоздь в периферический фраг-



мент или были другие технические сложности, которые способствовали расстройству местного кровообращения и травматизации тканей в зоне перелома. Фактом является лишь развитие нестабильности фиксации, проявившееся в патологической подвижности дистального отломка. К сожалению, эта ситуация продолжалась достаточно долго. Она привела к необходимости выполнения реконструктивной операции большого объема с заполнением костных дефектов массивными аутотрансплантатами, завершившейся хорошим результатом.

На организационных моментах, которые обнажил представленный клинический случай, хотелось бы остановиться отдельно. Несомненно, развернутая клиника нестабильности, проявлявшаяся болью, нарушением функции, патологической подвижностью, беспокоила пациентку на протяжении длительного времени и усиливалась в динамике. Вопреки этому, ревизионная операция выполнена только через три года после первичного остеосинтеза. Есть основания полагать, что это лишь частный случай, демонстрирующий несовершенство сложившейся системы наблюдения за пациентами и их маршрутизации. Травматологи амбулаторной сети и специалисты, работающие в стационаре, нередко находятся в разном административном подчинении. Это обстоятельство делает невозможным не только единое административное руководство всем лечебным процессом, но и приведение работы амбулаторной и стационарной сетей к единым методическим стандартам. Кроме того, для оформления направления на плановую высокотехнологичную медицинскую помощь уходит достаточно много времени, что в ряде случаев может быть критично. Так, например, при более раннем направлении этой пациентки на ревизионную операцию зона лизиса кости была бы меньше и, соответственно, уменьшился бы объем замещения костного дефекта аутотрансплантатами со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Таким образом, представленный клинический случай продемонстрировал отсутствие единства взглядов на лечение переломов диафиза плечевой кости. Это свидетельствует о возможности выбора метода лечения в зависимости от особенностей повреждения и пациента, оснащения клиники, знаний и предпочтений конкретного хирурга. Независимо от способа лечения, необходимо обеспечение адекватной преемственности и качественного наблюдения на амбулаторном этапе. Хочется выразить надежду на то, что необходимые для этого административные и организационно-методические меры будут приняты, и подобные клинические случаи станут историей.

## Литература [References]

1. Sarmiento A., Zagorski J.B., Zych G.A., Latta L.L., Capps C.A. Functional bracing for the treatment of fractures of the humeral diaphysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(4):478-486.
2. Putnam J.G., Nowak L., Sanders D., MacNevin M., Lawendy A.-R., Jones C. et al. Early post-operative outcomes of plate versus nail fixation for humeral shaft fractures. *Injury.* 2019;50(8):1460-1463. doi: 10.1016/j.injury.2019.06.014.
3. Carroll E.A., Schweppe M., Langfitt M., Miller A.N., Halvorson J.J. Management of humeral shaft fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012;20(7):423-433. doi: 10.5435/JAAOS-20-07-423.
4. Rutgers M., Ring D. Treatment of diaphyseal fractures of the humerus using a functional brace. *J Orthop Trauma.* 2006;20(9):597-601. doi: 10.1097/01.bot.0000249423.48074.82.
5. Updegrave G.F., Mourad W., Abboud J.A. Humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2018;27:e87-e97. doi: 10.1016/j.jse.2017.10.028.
6. Denard A., Richards J.E., Obremskey W.T., Tucker M.C., Floyd M., Herzog G.A. Outcome of nonoperative vs operative treatment of humeral shaft fractures: a retrospective study of 213 patients. *Orthopedics.* 2010;33(8). doi: 10.3928/01477447-20100625-16.
7. Van de Wall B.J.M., Ochen Y., Beeres F.J.P., Babst R., Link B.C., Heng M. et al. Conservative vs. operative treatment for humeral shaft fractures: a meta-analysis and systematic review of randomized clinical trials and observational studies. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(7):1493-1504. doi: 10.1016/j.jse.2020.01.072.
8. Zhao J.-G., Wang J., Wang C., Kan S.-L. Intramedullary nail versus plate fixation for humeral shaft fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Medicine (Baltimore).* 2015;94(11):e599. doi: 10.1097/MD.0000000000000599.
9. Liu G., Zhang Q., Ou S., Zhou L., Fei J., Chen H. et al. Meta-analysis of the outcomes of intramedullary nailing and plate fixation of humeral shaft fractures. *Int J Surg.* 2013;11:864-868. doi: 10.1016/j.ijssu.2013.08.002.
10. Merrill R.K., Low S.L., Arvind V., Whitaker C.M., Illic E.M. Length of stay and 30-day readmissions after isolated humeral shaft fracture open reduction and internal fixation compared to intramedullary nailing. *Injury.* 2020;51:942-946. doi: 10.1016/j.injury.2020.02.001.
11. Li Y., Wang C., Wang M., Huang L., Huang Q. Postoperative malrotation of humeral shaft fracture after plating compared with intramedullary nailing. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20:947-954. doi: 10.1016/j.jse.2010.12.016.
12. Wang C., Li J., Li Y., Dai G., Wang M. Is minimally invasive plating osteosynthesis for humeral shaft fracture advantageous compared with the conventional open technique? *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(11):1741-1748. doi: 10.1016/j.jse.2015.07.032.
13. Hohmann E., Glatt V., Tetsworth K. Minimally invasive plating versus either open reduction and plate fixation or intramedullary nailing of humeral shaft fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016;25:1634-1642. doi: 10.1016/j.jse.2016.05.014.
14. Майоров Б.А., Беленький И.Г., Кочиш А.Ю. Сравнительный анализ исходов малоинвазивного и традиционного накостного остеосинтеза при переломах плечевой кости в нижней и средней трети.

*Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* 2019;(4):41-49. doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-41-49. Maiorov B.A., Belen'kii I.G., Kochish A.Yu. [Comparative analysis of outcomes of minimally invasive vs. conventional plate osteosynthesis for middistal third of humeral shaft fractures]. *Mediko-biologiceskie i social'no-psihologiceskie problemy bezopasnosti v crezvycajnyh situaciah* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2019;(4):41-49. (In Russian). doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-41-49.

15. Майоров Б.А., Беленький И.Г., Кочиш А.Ю. Сравнительный анализ результатов использования трех способов остеосинтеза при переломах диафиза плечевой кости. *Гений ортопедии.* 2017;23(3):284-291. doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-284-291. Maiorov B.A., Belen'kii I.G., Kochish A.Iu. [Comparison analysis of using three methods for humeral shaft fracture osteosynthesis]. *Genij ortopedii.* 2017;23(3):284-291. doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-284-291.
16. Ruedi T.P., Buckley R.E., Moran C.G. AO Principles of Fracture Management. Thieme; 2007. Vol. 1. p. 555.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

*Беленький Игорь Григорьевич* — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России; заведующий отделением травматологии, СПбГБУЗ «Александровская больница», Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

#### AUTHOR'S INFORMATION:

*Igor' G. Belenkiy* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First St. Petersburg State Medical University; Head of the Trauma Department, Aleksandrovskaaya Hospital, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

## Хирургическое лечение пациента с поздней стадией болезни Кинбека (асептического некроза полулунной кости): клиническое наблюдение

В.В. Хоминец, М.В. Ткаченко, В.С. Иванов, Д.Ю. Мюхкюра

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** За более чем вековой период времени разработано множество способов лечения болезни Кинбека, ни один из которых не позволяет добиться стабильно хороших результатов. Одним из перспективных методов лечения считается транспозиция гороховидной кости в позицию полулунной кости после удаления последней, а также сочетание этой операции с укорачивающей остеотомией лучевой кости. **Цель публикации** — продемонстрировать возможности современной реконструктивной хирургии при лечении больных с болезнью Кинбека IIIb стадии. **Клиническое наблюдение.** Описан клинический пример успешной несвободной пересадки кровоснабжаемой гороховидной кости при асептическом некрозе полулунной кости. Военнослужащему в возрасте 21 года с болезнью Кинбека IIIb стадии, осложненной стойким болевым синдромом и выраженным нарушением функции левого кистевого сустава, выполнена операция удаления фрагментированной полулунной кости с ее замещением гороховидной костью на сухожильной питающей ножке с одновременной укорачивающей остеотомией лучевой кости. Перемещенная кость была фиксирована анкером к тыльной поверхности дистального метаэпифиза лучевой кости. Через 12 мес. после операции достигнуты улучшения функции кистевого сустава в виде увеличения амплитуды движений по сравнению с дооперационным периодом и достоверное снижение уровня выраженности болевого синдрома. Рентгенологическое исследование в те же сроки показало сохранение формы, размеров и внутрисуставной локализации костного аутографта. **Заключение.** Использование транспозиции кровоснабжаемой гороховидной кости на постоянной сухожильной питающей ножке в область удаленной полулунной кости демонстрирует, по нашему мнению, благоприятные возможности успешного хирургического лечения поздних стадий болезни Кинбека. Благоприятный результат такого лечения возможен только в условиях специализированного стационара, где есть подготовленные специалисты в области хирургии кисти, а также имеются возможности применения комплекса современной реабилитации, направленной на восстановление движений в суставах кисти, с учетом силовых и координационных параметров ее анатомических структур.

**Ключевые слова:** болезнь Кинбека, асептический некроз полулунной кости, кровоснабжаемая гороховидная кость, укорачивающая остеотомия лучевой кости.

doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-163-169

## Surgical Treatment of Patient with Advanced Kienböck's Disease: A Case Report

V.V. Khominets, M.V. Tkachenko, V.S. Ivanov, D.Yu. Mikhkurya

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** For more than a century, many methods of treating Kienböck's disease have been developed, although none of them could achieve consistently good results. The transposition of the pisiform into the lunate location after removal of the latter, as well as the combination of this operation with a shortening osteotomy of the radius,

Хоминец В.В., Ткаченко М.В., Иванов В.С., Мюхкюра Д.Ю. Хирургическое лечение пациента с поздней стадией болезни Кинбека (асептического некроза полулунной кости): клиническое наблюдение. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):163-169. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-163-169.

**Cite as:** Khominets V.V., Tkachenko M.V., Ivanov V.S., Mikhkurya D.Yu. [Surgical Treatment of Patient with Advanced Kienböck's Disease: A Case Report]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):163-169. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-163-169.

Ткаченко Максим Владимирович / Maksim V. Tkachenko; e-mail: tkachenko\_med@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 12.05.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 17.07.2020.

is considered as one of the promising methods of this disease treatment. **The purpose of this publication** was to demonstrate the options of the modern reconstructive surgery for the treatment the stage IIIb Kienböck's disease. **Case presentation.** A clinical case of a successful non-free transplant of a blood-supplied pisiform in aseptic necrosis of the lunate is described. A patient was a 21 year old military serviceman with stage IIIb Kienböck's disease complicated by persistent pain syndrome and severe dysfunction of the left wrist. He underwent removing the fragmented lunate with replacing it with a pisiform on the tendon feeding pedicle and performing simultaneous shortening osteotomy of the radius. The displaced bone was fixed with an anchor to the dorsal surface of the distal radial metaepiphysis. In 12 months after the surgery, an improvement of the wrist function was achieved in the form of an increase in the range of motion compared with the preoperative period and a significant decrease in the level of pain syndrome. The radiological examination at the same time showed the preservation of the shape, size and intra-articular localization of the bone autograft. **Conclusion.** The use of transposition of the blood-supplied pisiform on a permanent tendon feeding pedicle into the region of the removed lunate demonstrated, in our opinion, the favorable possibilities of successful surgical treatment of the late stages of Kienböck's disease. A favorable outcome of such treatment is possible only in a specialized hospital, where there are trained specialists in the field of hand surgery, and there are also opportunities for employment a modern rehabilitation complex aimed at restoring movements in the hand joints, taking into account the strength and coordination parameters of its anatomical structures.

**Keywords:** Kienböck's disease, aseptic necrosis of the lunate, blood-supplied pisiform, shortening osteotomy of the radius.

## Введение

Впервые асептический некроз полулунной кости был описан J.L. Peste в 1843 г., расценившим его как следствие перелома [1]. В 1910 г. австрийский рентгенолог R. Kienböck дал систематизированное рентгенологическое описание болезни, назвав ее маляцией полулунной кости. После опубликования K. Speed в 1916 г. практического руководства по переломам и вывихам указанная патология получила наименование «болезнь Кинбека» [2]. Этиология заболевания до настоящего времени не ясна, однако выявлен ряд предрасполагающих факторов, которыми считаются форма полулунной кости и полулунной ямки лучевой кости; анатомический вариант развития локтевой кости; особенности кровоснабжения полулунной кости, предшествующие заболеванию травмы запястья; характер труда больного. Метаболическая, вирусная и генетическая теории также остаются в числе актуальных [3, 4].

Распространенность болезни Кинбека оценить достаточно сложно в связи с неспецифичной клинической симптоматикой, а также отсутствием выраженных изменений на рентгенограммах на начальных стадиях болезни. Однако известно, что данная болезнь более распространена среди мужчин молодого и среднего возрастов (преимущественно 20–40 лет), особенно — занятых ручным трудом. У женщин она выявляется значительно реже и проявляется в более старшем возрасте, чем у мужчин. Описаны случаи развития заболевания у детей, в том числе у ребенка 6 лет, однако в этих случаях отмечается более благоприятное течение болезни даже при отсутствии лечения [3, 5].

Отмечена положительная корреляция между развитием асептического некроза полулунной кости и такими заболеваниями, как системная крас-

ная волчанка, склеродермия, дерматомиозит, ревматоидный артрит, а также болезнь Крона. Особый интерес представляет исследование роли антифосфолипидных антител, которые выявляются в большом числе случаев болезни Кинбека [3].

Разработано множество способов лечения указанного заболевания, ни один из которых не позволяет добиться стабильно хороших результатов [6]. С этой целью выполняются различные варианты костной пластики кровоснабжаемыми и некровоснабжаемыми трансплантатами, пересаживаемыми как в свободном, так и в несвободном варианте, в том числе с использованием стволовых мезенхимальных клеток, остеотомий лучевой и головчатой костей, частичного или тотального артродеза кистевого сустава, его эндопротезирования либо пластики полулунной кости костным цементом [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Во многом тактика оперативного лечения основана на рентгенологической картине изменений самой полулунной кости и близлежащих костей кистевого сустава. В 1977 г. D.M. Lichtmann с соавторами, модифицировав классификацию F. Stahl, описали четыре стадии прогрессирования заболевания [19, 20]. Соответственно, при наличии II–IIIa стадий болезни наиболее распространенным вариантом оперативного вмешательства в мире остается укорачивающая остеотомия лучевой кости [10, 14, 21].

В отношении более поздней стадии (IIIb) единого подхода к хирургическому лечению в настоящее время не существует. Одним из перспективных методов лечения считается транспозиция гороховидной кости в позицию полулунной кости после удаления последней, а также сочетание этой операции с укорачивающей остеотомией лучевой кости [22, 23, 24]. Именно такой подход в представ-

ленным нами клиническим наблюдением обеспечил хороший результат комплексного хирургического лечения военнослужащего с асептическим некрозом полулунной кости левой кисти IIIb стадии.

**Цель публикации** — продемонстрировать возможности современной реконструктивной хирургии при лечении пациентов с болезнью Кинбека IIIb стадии.

### Клиническое наблюдение

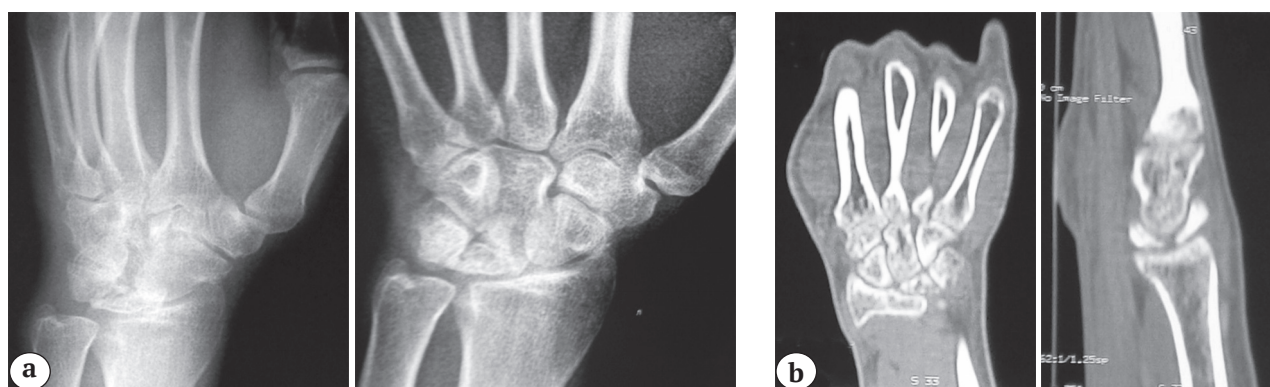
Военнослужащий, 21 год, обратился в клинику с жалобами на боль в области левого лучезапястного сустава, усиливающуюся при физических нагрузках, ограничение движений в левом лучезапястном суставе. Больной был обследован клинически (опрос по шкалам DASH, PRWE, Mayo, VAS, измерение амплитуды движений кистевого сустава и силы кистевого схвата) и рентгенологически (рентгенография в прямой и боковой проекциях, компьютерная томография) при поступлении и через 12 мес. после операции.

В ходе обследования у пациента был выявлен выраженный болевой синдром в проекции полулунной кости при движениях в суставе, при осевой нагрузке на левое предплечье и при попытке сжать левую кисть в кулак. Амплитуда движений в левом кистевом суставе составила: сгибание — 35°, разгибание — 40°, лучевое отведение — 10°, локтевое приведение — 5°, наружная и внутренняя ротация левого предплечья — без ограничений. Сила схвата левой кисти была значительно снижена по сравнению с правой. Соответственно, динамометрия больной кисти составляла 10 кг при показателе здоровой — 45 кг. Результаты оценки до операции по балльным оценочным шкалам: DASH — 35,8; PRWE — 35, Mayo — 55, VAS — 9.

Имевшиеся симптомы резко затрудняли повседневную жизнедеятельность и делали невозможным дальнейшее прохождение военной службы. Рентгенологическая и КТ-картина левого кистевого сустава демонстрировали признаки асептического некроза полулунной кости левой кисти IIIb стадии и анатомического укорочения локтевой кости относительно лучевой на уровне лучезапястного сустава (вариант строения “ulna-”). Рентгенологический индекс запястья составил 0,4. Ладьевидно-полулунный угол — 45° (рис. 1).

С целью восстановления функции левого кистевого сустава и устранения болевого синдрома пациенту были выполнены укорачивающая остеотомия лучевой кости, остеосинтез лучевой кости пластиной, удаление полулунной кости левого запястья с ее замещением посредством несвободной пересадки кровоснабжаемой гороховидной кости, анкерная фиксация.

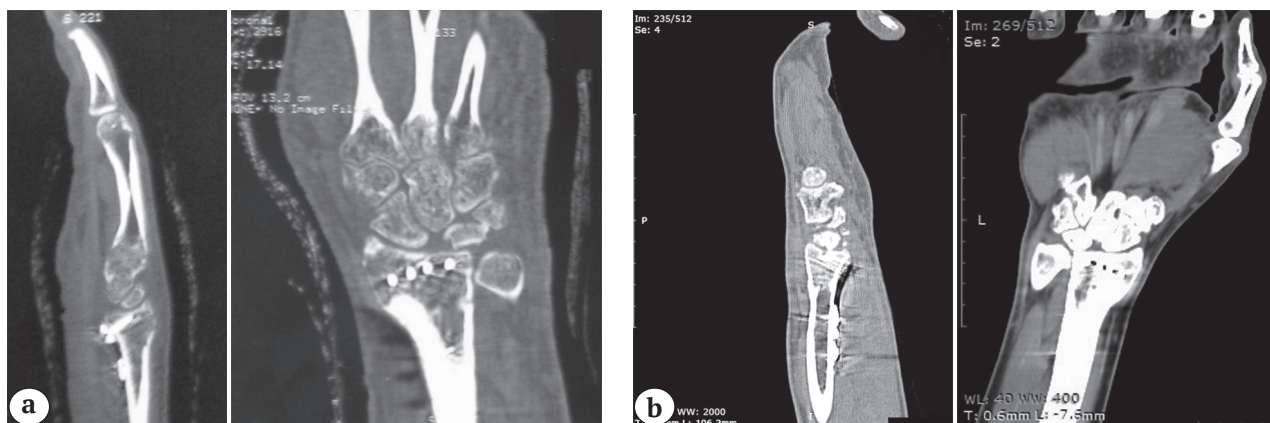
Данное оперативное вмешательство было выполнено под сочетанной анестезией с использованием бинокулярной лупы, обеспечивавшей увеличение в 3,3 раза. Пациент был уложен на спину с отведенной на приставной столик левой верхней конечностью. Наложена гемостатический пневматический жгут на верхнюю треть предплечья (250 мм рт. ст.). Далее был выполнен фигурный доступ на передней поверхности нижней трети предплечья с переходом на ладонную поверхность кисти длиной 10 см с послойным обнажением лучевой кости. С помощью осциллирующей пилы выполнена укорачивающая остеотомия дистального метаэпифиза лучевой кости на 3 мм с остеосинтезом ее отломков волярной пластиной с угловой стабильностью винтов. Далее была выделена гороховидная кость на сухожильной питающей



**Рис. 1.** Рентгенограммы и КТ левого лучезапястного сустава пациента, 21 год, при поступлении: а — рентгенограммы левой кисти (прямая и боковая проекции): признаки асептического некроза, фрагментация полулунной кости, “ulna-”; б — КТ левого лучезапястного сустава: признаки асептического некроза полулунной кости IIIb стадии

**Fig. 1.** X-rays and CT of the left wrist of the patient, 21 years old, on admission: а — X-ray of the left hand (frontal and lateral planes): signs of aseptic necrosis, fragmentation of the lunate, “ulna-”; б — CT of the left wrist: signs of aseptic necrosis of the lunate, stage IIIb





**Рис. 4.** КТ левого лучезапястного сустава (прямая и боковая проекции) после операции:  
 а — через 3 мес. отмечается сращение лучевой кости по линии остеотомии;  
 б — через 12 мес. отмечаются склероз и кистозная перестройка гороховидной кости и полулунной ямки лучевой кости

**Fig. 4.** CT of the left wrist (frontal and lateral planes) after the surgery:  
 а — in 3 months, fusion of the radius along the osteotomy line is noted;  
 б — in 12 months, marked sclerosis and cystic restructuring of the pisiform bone and lunate fossa of the radius

Индекс запястья составил 0,40 до операции и 0,39 — через год после вмешательства. Общий срок лечения больного составил 12 мес. По результатам проведенной экспертизы военнослужащий признан годным к военной службе с незначительными ограничениями.

### Обсуждение

Представленное клиническое наблюдение демонстрирует возможность успешного замещения полулунной кости у пациента с болезнью Кинбека IIIb стадии посредством несвободной пересадки кровоснабжаемой гороховидной кости на сухожильной питающей ножке.

Признаками поздних стадий болезни (IIIb–IV) являются «коллапс» патологически измененной полулунной кости, ротация ладьевидной кости, снижение высоты запястья за счет проксимальной миграции головчатой кости и явления остеоартроза кистевого сустава. На этих стадиях реваскуляризация полулунной кости невозможна, а операции, разгружающие эту кость, не дают заметного клинического эффекта [22]. Поэтому в таких случаях часто выполняются частичные артродезы костей запястья (STT или SC) с удалением полулунной кости или без такового, эндопротезирование полулунной кости, удаление проксимального ряда костей запястья или тотальный артродез кистевого сустава. Несмотря на хорошие исходы лечения после удаления проксимального ряда костей запястья, данная операция значительно нарушает биомеханику кистевого сустава и обычно рассматривается в качестве последней попытки сохранить функцию кистевого сустава перед его тотальным артродезом [6, 11, 15, 22].

L. Innes и R.J. Strauch провели исследование исходов лечения болезни Кинбека, основываясь на публикациях ресурсов PubMed, Medline и Cochrane за 1998–2008 гг. Они показали, что не существует идеальной операции, обеспечивающей восстановление объема движений и силы схвата кисти, уменьшение выраженности болевого синдрома и прекращение прогрессирования рентгенологической картины болезни [25].

В 1982 г. P. Saffar впервые выполнил и описал технику транспозиции гороховидной кости в позицию полулунной. Преимуществами этой операции являются: сохранение биомеханики кистевого сустава, близкой к нормальной, улучшение его функции, уменьшение болевого синдрома и восстановление силы схвата кисти за сравнительно короткий срок.

Как показали анатомические исследования, кровоснабжение полулунной кости в большинстве случаев осуществляется посредством *r. carpalis dorsalis* от *r. ulnodorsalis*, которая отходит от *a. ulnaris* на расстоянии 2–5 см от гороховидной кости и, помимо питания гороховидной кости, принимает участие в кровоснабжении локтевого сгибателя запястья и локтевой кости. Значительно реже этот питающий сосуд отходит непосредственно от локтевой артерии. Диаметр *r. ulnodorsalis a. ulnaris* составляет 0,8–1,3 мм, а длина — 3–7 см, что позволяет использовать гороховидную кость в качестве кровоснабжаемого костного аутотрансплантата при лечении болезни Кинбека [26].

Таким образом, перемещение гороховидной кости на сухожильной питающей ножке позволяет надеяться на частичное сохранение кровоснабже-





- Disease: A Systematic Review. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(14):1231-1240. doi: 10.2106/JBJS.17.00764.
15. Marcuzzi A., Colantonio F., Petrella G., Ozben H., Russomando A. Stage IV Kienböck's disease: Proximal row carpectomy and application of RCPI implant. *Hand Surg Rehabil.* 2017;36(2):102-108. doi: 10.1016/j.hansur.2016.12.005.
  16. Tsantes A.G., Papadopoulos D.V., Gelalis I.D., Vekris M.D., Pakos E.E., Korompilias A.V. The Efficacy of Vascularized Bone Grafts in the Treatment of Scaphoid Nonunions and Kienböck Disease: A Systematic Review in 917 Patients. *J Hand Microsurg.* 2019; 11(1):6-13. doi: 10.1055/s-0038-1677318.
  17. Higgins J.P., Bürger H.K. The use of osteochondral flaps in the treatment of carpal disorders. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018;43(1):48-56. doi: 10.1177/1753193417739545.
  18. Lee S.K., Kim K.J., Shin H.S., Choy W.S. Treatment of Advanced Kienböck Disease With a Vascularized Radial Bone Flap Wrapped in the Pronator Quadratus. *Ann Plast Surg.* 2017;78(3):274-279. doi: 10.1097/SAP.0000000000000937.
  19. Lichtman D.M., Mack G.R., MacDonald R.I., Gunther S.F., Wilson J.N. Kienböck's disease: the role of silicone replacement arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59(7):899-908.
  20. Stahl F. On lunatomalacia (Kienböck's disease): a clinical and roentgenological study, especially on its pathogenesis and the late results of immobilization treatment. Lund, Ohlsson; 1947. p. 1-133.
  21. Shin Y.H., Kim J., Gong H.S., Rhee S.H., Cho M.J., Baek G.H. Clinical Outcome of Lateral Wedge Osteotomy of the Radius in Advanced Stages of Kienböck's Disease. *Clin Orthop Surg.* 2017;9(3):355-362. doi: 10.4055/cios.2017.9.3.355.
  22. Tan Z., Xiang Z., Huang F., Yang Z., Xiao C., Duan X. Long-term results of vascularized os pisiform transfer for advanced Kienböck disease after follow-up for at least 15 years: A case series. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(48):e13229. doi: 10.1097/MD.00000000000013229.
  23. Daecke W., Lorenz S., Wieloch P., Jung M., Martini A.K. Vascularized os pisiform for reinforcement of the lunate in Kienböck's Disease: an average of 12 years of follow-up study. *J Hand Surg Am.* 2005;30(5): 915-922. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.03.019.
  24. Saffar P. Vascularized pisiform transfer in place of lunatum for Kienböck's Disease. *J Chir Main.* 2010;29 Suppl 1:S112-S118. doi: 10.1016/j.main.2010.09.005.
  25. Innes L., Strauch R.J. Systematic review of the treatment of Kienböck's disease in its early and late stages. *J Hand Surg Am.* 2010;35(5):713-717.e7174. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.02.002.
  26. Becker C., Gilbert A. Le lambeau antebrachial des branches distales de l'artere cubitale. Monographies du Groupe d'Etudes de la Main. T. 17. Paris : Expansion Scientifique Francaise ; 1990. p. 102-106.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Хоминец Владимир Васильевич* – д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры военной травматологии и ортопедии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>

*Ткаченко Максим Владимирович* – канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры военной травматологии и ортопедии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6034-7047>

*Иванов Виталий Сергеевич* – старший ординатор клиники военной травматологии и ортопедии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5414-7559>

*Мюхкюра Дмитрий Юрьевич* – травматолог-ортопед клиники военной травматологии и ортопедии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1058-8031>

#### AUTHORS' INFORMATION:

*Vladimir V. Khominets* — Dr. Sci. (Med.), Head of Department of Military Traumatology and Orthopedic, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>

*Maksim V. Tkachenko* — Cand. Sci. (Med.), Senior Lecturer, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6034-7047>

*Vitaliy S. Ivanov* — Senior Clinic Resident, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5414-7559>

*Dmitriy Yu. Mukhurya* — Orthopedic Surgeon, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1058-8031>

## Эффективность различных хирургических методик при лечении локальных повреждений хряща коленного сустава (обзор литературы)

Т.А. Куляба<sup>1</sup>, С.А. Банцер<sup>1</sup>, П.А. Трачук<sup>2</sup>, Т.Н. Воронцова<sup>1</sup>, Н.Н. Корнилов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Введение.** Для восстановления локальных повреждений хряща (ЛПХ) коленного сустава в клинической практике применяется большое количество альтернативных хирургических подходов: изолированный дебридмент зоны повреждения, стимуляция хондрогенеза, мозаичная костно-хрящевая пластика (МКХА), клеточные технологии, коллагеновые мембраны (матрицы) и комбинация вышеупомянутых методик. **Цель исследования** — сравнить эффективность различных хирургических методов лечения пациентов с ЛПХ бедренной кости на основании контент-анализа публикаций. **Материал и методы.** В обзор вошли 85 работ отечественных и зарубежных авторов за период с 2005 по 2020 г. Поиск проводился в электронных научных базах данных PubMed и eLIBRARY. **Результаты.** Дебридмент и/или различные варианты стимуляции хондрогенеза, несмотря на широкую популярность, в средне- и долгосрочной перспективе клинико-рентгенологически и гистологически уступают всем остальным хирургическим методикам. Мозаичная костно-хрящевая ауто- и/или аллопластика, а также пересадка культуры аутологичных хондроцитов с коллагеновой мембраной характеризуются наилучшими 15–20-летними исходами, позволяя большинству пациентов сохранять такой же уровень активности как и до повреждения. Комбинация матриц с другими клеточными продуктами или микрофрактурированием демонстрирует схожие среднесрочные результаты, но их отдаленная эффективность продолжает оставаться неизвестной. **Заключение.** Применение дебридмента и/или стимуляции хондрогенеза следует ограничить минимальными по площади дефектами. МКХА является оптимальным методом выбора лечения ЛПХ площадью до 4–6 см<sup>2</sup> как с клинической, так и с экономической точки зрения. Комбинация мембран с различными клеточными продуктами или микропереломами показана при обширных ЛПХ или при невозможности проведения МКХА.

**Ключевые слова:** коленный сустав, локальные повреждения хряща, микрофрактурирование, коллагеновые мембраны.

Куляба Т.А., Банцер С.А., Трачук П.А., Воронцова Т.Н., Корнилов Н.Н. Эффективность различных хирургических методик при лечении локальных повреждений хряща коленного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):170-181. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-170-181.

**Cite as:** Kulyaba T.A., Bantser S.A., Trachuk P.A., Vorontsova T.N., N.N. Kornilov [The Effectiveness of Various Surgical Techniques in the Treatment of Local Knee Cartilage Lesions (Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):170-181. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-170-181.

Банцер Сергей Александрович / Sergei A. Bantser; e-mail: serg249\_spb@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 10.07.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 28.07.2020.

## The Effectiveness of Various Surgical Techniques in the Treatment of Local Knee Cartilage Lesions (Review)

T.A. Kulyaba<sup>1</sup>, S.A. Bantser<sup>1</sup>, P.A. Trachuk<sup>2</sup>, T.N. Vorontsova<sup>1</sup>, N.N. Kornilov<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Introduction.** To restore the knee local cartilage lesions, a large number of alternative surgical techniques are used in clinical practice: isolated debridement of the lesion area, chondrogenesis stimulation, mosaic osteochondral grafting, cell technologies, collagen membranes (matrices), and a combination of the above methods. **The purpose of this article** was to compare the effectiveness of various surgical methods of treating patients with local cartilage lesions of the femur based on analysis of relevant publications. **Materials and Methods.** The review included 85 publications of domestic and foreign authors within 2005 to 2020. The search was carried out in electronic scientific databases PubMed and eLIBRARY. **Results.** The medium and long term outcomes of debridement and/or various options of chondrogenesis stimulating, despite their wide popularity, in terms of clinical, radiological, and histological indicators, are inferior to all other surgical techniques. Mosaic osteochondral auto- and/or allografting, as well as transplantation of autologous chondrocytes culture with a collagen membrane, are characterized by the best 15 to 20-year outcomes, allowing most patients to maintain the same level of activity as before the lesion occurred. The combination of matrices with other cellular products or microfracturing shows similar medium-term results, but its long-term efficacy remains unknown. **Conclusion.** The use of debridement and/or chondrogenesis stimulation should be limited to minimal defects. From both a clinical and an economic point of view, mosaic osteochondral grafting is the optimal method for the treatment of knee local cartilage lesions with an area up to 4 to 6 cm<sup>2</sup>. The combination of membranes with various cellular products or microfracturing is indicated in case of extensive local cartilage lesions or if mosaic osteochondral grafting is not appropriate.

**Keywords:** knee joint, local cartilage lesions, microfracturing, collagen membranes.

### Введение

Локальные повреждения хряща (ЛПХ) коленного сустава, или хондромалиция — это нарушения целостности его хрящевого покрова, возникающие в результате травм или заболеваний, ограниченные преимущественно одним отделом сустава, распространяющиеся на глубину суставного хряща или достигающие субхондральной кости при отсутствии распространенного дегенеративно-дистрофического поражения сустава.

Впервые хондромалицию описал К. Budinger в 1906 г., а сам термин использовал О. Aleman в 1928 г. [1].

По данным зарубежных авторов, ЛПХ диагностируются как изолированно, так и в сочетании с другой патологией у 30–60% больных в ходе артроскопии коленного сустава. При этом в 65% наблюдений они сочетаются с патологией менисков [2, 3, 4, 5].

А. Aroen с соавторами, проанализировав результаты 1000 артроскопических операций на коленном суставе, установили, что у 11% пациентов встречались полнослойные дефекты хряща, требующие хирургического вмешательства. В 55% наблюдений их площадь превышала 2 см<sup>2</sup> [6].

Ежегодно в США выполняется приблизительно 200 000 хирургических вмешательств по повре-

ду повреждений хрящевой ткани, т.е. коэффициент потребности составляет 614 на 1 млн человек, и количество таких операций увеличивается примерно на 5% в год [7]. Если указанный коэффициент потребности применить к количеству жителей Российской Федерации, то нуждаемость в подобных операциях может составить до 90 000 в год. Необходимо подчеркнуть, что с учетом социально-бытовых условий, спортивных приоритетов и других особенностей эту цифру следует рассматривать как очень приблизительную.

Низкий регенераторный потенциал гиалинового хряща обусловлен особенностями его гистологического строения, что, в свою очередь, ведет к раннему прогрессивному развитию тотального дегенеративно-дистрофического поражения сустава даже при ограниченных по площади повреждениях [8, 9]. Сравнение степени прогрессирования дегенеративных процессов в долгосрочной перспективе (более 6 лет) в двух группах пациентов — консервативное или хирургическое лечение — с морфологически сравнимыми остеохондральными повреждениями показало, что общий уровень дегенеративных изменений в суставе был значительно более выражен в группе консервативного лечения [10].

Научный и клинический интерес к проблеме выбора оптимального метода лечения ЛПХ подтверждается увеличением числа публикаций, посвященных вопросу эффективности различных методик ее хирургического лечения в специальной литературе, однако консенсус в этом вопросе к настоящему времени не достигнут [11, 12]. Высокая частота встречаемости ЛПХ, особенно мыщелков бедренной кости, отсутствие стандартизированного алгоритма выбора метода лечения и неоптимальные отдаленные результаты ряда широко применяемых в клинической практике методов хирургического лечения послужили основанием для написания этого обзора.

*Цель исследования* — сравнить эффективность различных хирургических методов лечения пациентов с ЛПХ бедренной кости на основании контент-анализа публикаций.

### Материал и методы

Нами был проведен поиск научных публикаций, посвященных хирургическим методам лечения локальных повреждений хряща мыщелков бедренной кости, в электронных базах PubMed и eLIBRARY за период с 2005 по 2020 г. Также в обзор был включен ряд более ранних фундаментальных научных исследований конца XX – начала XXI в., посвященных этой тематике и явившихся основополагающими при разработке той или иной методики лечения ЛПХ. Поиск проводили с использованием следующих ключевых слов: повреждения хряща (cartilage damage), дефект хряща (chondral defect), остеохондральное повреждение (osteochondral lesion), рассекающий остеохондрит (osteochondritis dissecans), болезнь Кенига (Koenig disease), коленный сустав (knee joint). В результате проведенного поиска было отобрано 85 (6 отечественных и 79 зарубежных) публикаций, соответствующих теме обзора.

### Результаты

Целью лечения ЛПХ является замещение дефекта тканью, приближающейся по своим механическим свойствам к гиалиновому хрящу. В клинической практике используются различные методы лечения, которые можно разделить на следующие группы [13, 14]:

- дебридмент зоны повреждения (удаление нестабильных фрагментов хряща и кости, сглаживание неровностей на их поверхности);

- стимуляция хондрогенеза, то есть содействие восстановлению дефекта за счет формирования кровяного сгустка и миграции в него из костного мозга мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток (ММСК), способных дифференцироваться в хондробласты (туннелизация, техника создания микропереломов, спонгиозация или абразивная

хондропластика — резекция поврежденного хряща с субхондральной костной пластинкой);

- имплантация тканей, содержащих хондроциты или клетки, способные к хондрогенезу — пересадка костно-хрящевых алло- и ауто-трансплантатов (мозаичная костно-хрящевая ауто- или аллопластика /osteochondral autograft transfer system, МКХА/OATS, mosaic plasty), культуры аутохондроцитов (autologous chondrocyte implantation — АСІ, МАСІ), мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток — ММСК (multipotent mesenchymal stromal cells);

- сочетанная методика (мембрана + микропереломы — аутологичный хондрогенез, индуцированный коллагеновой мембраной/autologous matrix-induced chondrogenesis — АМІС).

### Дебридмент

Дебридмент поврежденного хряща, заключающийся в простой резекции поврежденных и нестабильных участков его ткани в пределах хряща или до субхондральной кости, является наиболее простой и до сих пор наиболее часто применяемой методикой. К. J. Hancock с соавторами приводят данные о том, что из 25 938 операций при поврежденном хряще у 80,23% пациентов был выполнен дебридмент, у 21,37% — использована техника создания микропереломов и только у 2,1% — мозаичная костно-хрящевая аутопластика, хотя в ряде наблюдений различные методики сочетались [5]. S. R. Montgomery с соавторами, проанализировав данные одной из самых больших баз ортопедических операций в США (Pearl Diver Patient Record Database) за 6-летний период (2004–2009) установили, что различные хирургические манипуляции по поводу ЛПХ коленного сустава применялись у 163 448 больных, при этом около 98% из них составили дебридмент и создание микропереломов [4]. Положительные клинические результаты дебридмента со временем ухудшаются, в хрящевой ткани быстро прогрессируют деструктивные изменения, и при средних и отдаленных сроках наблюдения за пациентами развивается дегенеративно-дистрофическое поражение сустава [9, 10]. Так, S. Abram с соавторами на основании анализа статистики всех эпизодов госпитализаций в Англии с 2007 по 2017 г. выявили, что спустя 8 лет после дебридмента коленного сустава в 17,6% случаев было выполнено последующее эндопротезирование [15].

### Стимуляция хондрогенеза

Методы стимуляции хондрогенеза за счет хирургического воздействия на поврежденную часть хряща и субхондральную кость получили широкое распространение ввиду удовлетворительных краткосрочных результатов, относительной прос-

тоты хирургической техники и невысокой стоимости вмешательства [14, 16]. Накопленный опыт их клинического применения позволил выявить ряд существенных недостатков: образующийся фиброзный хрящ обладает худшими механическими свойствами в сравнении с гиалиновым. Он не стабилен к тангенциальным силам и в условиях физиологической нагрузки со временем дегенерирует [17], проблематично достижение конгруэнтности суставных поверхностей — приблизительно в 50% случаев происходит гипертрофированный рост вновь образованной ткани, что является причиной повторного хирургического вмешательства [18]. По данным ряда авторов, неудовлетворительные среднесрочные функциональные результаты, наблюдаемые спустя 5 лет после микропереломов, являлись показанием к повторной операции у 26–40% пациентов. При этом в 56% наблюдений выполнялось тотальное эндопротезирование коленного сустава [19, 20, 21, 22].

Сравнение клинической эффективности методики стимуляции хондрогенеза продемонстрировало преимущество результатов техники микропереломов (суммарно 90,0% отличных и хороших результатов через 3 года и 69,3% — через 7 лет после операции) в сравнении с туннелизацией (82,4% через 3 года и 65,0% через 7 лет) и абразивной хондропластикой (72,4% через 3 года и 55,6% через 7 лет) [23]. При этом замедление процесса регенерации и быстрая деструкция вновь образованной ткани отмечены у пациентов старше 35 лет, с высоким уровнем физических нагрузок, избыточным весом, повреждениями внутрисуставных структур, осевыми деформациями конечности [14, 24].

Дальнейшее стремление хирургов к улучшению отдаленных результатов лечения ЛПХ нашло отражение в разработке и клиническом применении методик имплантации тканей, содержащих хондроциты или клетки, способные к хондрогенезу [12, 25, 26, 27, 28, 29].

### *Пересадка костно-хрящевых алло- и ауто трансплантатов*

Первой технологией, позволившей в конце XX в. добиться замещения дефектов суставной поверхности гиалиновым хрящом, стала мозаичная костно-хрящевая алло- и аутопластика (МКХА).

Популяризованная А.Р. Newman и R.F. Convery с соавторами пересадка аллогенных костно-хрящевых трансплантатов позволила добиться положительных исходов у 72,0–77,5% пациентов при сроках наблюдения от 2 до 7 лет после операции. При этом лучшие результаты были достигнуты после пересадки свежемороженых тканей [26, 27]. В систематическом обзоре 19 исследований, включающих 1036 пациентов, F. Familiari с соавторами продемонстриро-

вали, что эффективность этой методики и в более отдаленной перспективе остается весьма высокой: 86,7% через 5 лет; 78,7% через 10 лет; 72,8% через 15 лет и 67,5% через 20 лет. Количество неудовлетворительных исходов за столь продолжительный период наблюдения составило 18,2%, а повторные вмешательства потребовались у 30,2% прооперированных больных [30]. Несомненным преимуществом такого подхода является возможность восстанавливать дефекты любой площади в связи с неограниченностью донорского материала.

Мозаичная костно-хрящевая аутопластика, разработанная и внедренная в клиническую практику L. Hangody, V. Bobic и Y. Matsusue с соавторами, представляет возможность использовать цилиндрические трансплантаты различного диаметра и заполнить 80–100% поверхности глубоких дефектов мыщелков бедренной кости площадью до 4–6 см<sup>2</sup> тканью, на 80–90% состоящей из гиалинового хряща и на 10–20% — из фиброзной ткани [28, 29, 31, 32, 33]. Типичными зонами забора ауто трансплантатов являются периферические мало нагружаемые отделы надколенниковой борозды и межмышечковой вырезки бедренной кости. Если площадь дефекта составляет более 6 см<sup>2</sup>, то дополнительные ауто трансплантаты могут быть забраны из контралатерального коленного сустава.

Положительные результаты МКХА у 80–90% пациентов сохраняются на протяжении 5–10 лет после операции [31, 34]. Отдаленные результаты МКХА изучены в трех РКИ. R. Gudas с соавторами показали, что в среднем через 10,4 года (9–11 лет) эта методика как клинически, так и рентгенологически превосходит микропереломы. Причем 75% профессиональных спортсменов способны поддерживать тот же уровень активности, что и до травмы, в отличие от 37% после микропереломов, а частота неудач в 2,7 раз ниже: 14% по сравнению с 38% [20]. Напротив, S. Ulstein с соавторами не обнаружили различий в балльной оценке функции коленного сустава, силе мышц и рентгенологической картине через 9,8 лет после обеих техник. Однако повторные вмешательства после микропереломов проводились чаще (54%), чем после МКХА (36%) [35]. При сравнительной оценке исходов МКХА и микропереломов минимум через 15 лет (15–17 лет) E. Solheim с соавторами установили, что первый метод характеризуется значимо лучшими клиническими результатами с большей долей хороших и отличных, балльная оценка функции коленного сустава значимо выше, потребность в эндопротезировании возникает реже: 5 и 15% [36].

Таким образом, отдаленные результаты исследований высокого уровня доказательности свидетельствуют о том, что мозаичная костно-хрящевая ауто- и аллопластика является надежным

и клинически более эффективным методом восстановления хрящевых и костно-хрящевых дефектов коленного сустава по сравнению с созданием микропереломов субхондральной кости.

### Пересадка культуры аутохондроцитов

В первом десятилетии XXI в. существенный интерес исследователей привлекла возможность применения для лечения ЛПХ культур аутологичных клеток (хондроцитов, мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток) [28, 29]. Первые попытки внутрисуставного введения хондроцитов, выделенных с помощью протеолитических ферментов из хряща мало нагружаемых отделов сустава и культивированных *in vitro* с целью их экспансии и адгезии в зону повреждения, продемонстрировали обнадеживающие краткосрочные клинические, рентгенологические, МРТ и гистологические результаты. Проблематичным являлось поддержание фенотипа хондроцитов в монослойной культуре и присутствовал риск неомогенного распределения суспензии клеток в зоне дефекта [28, 37].

Для увеличения концентрации аутохондроцитов и их удержания в области повреждения хряща была разработана методика имплантации клеток под надкостничный лоскут (АСИ). Анализ отдаленных результатов операций противоречив: при средних сроках наблюдения (5,0–7,5 лет) показания к повторным вмешательствам имели место у 8,0–8,18% пациентов [38, 39]. Увеличение сроков наблюдения до 10 лет выявило потребность в повторной хирургии в 25% случаев, при этом у 36% больных выполнено эндопротезирование коленного сустава [39]. Противоположные результаты получили J. Sageu с соавторами, отметив, что при использовании АСИ по поводу распадающегося остеохондрита коленного сустава в дополнительных вмешательствах нуждались 13% пациентов в первые 10 лет после операции, 15% — в течение 15 лет и 18% — в сроки до 20 лет. При этом эндопротезирование коленного сустава было выполнено лишь в двух случаях из 55 (3,7%) [40]. Е. Коп с соавторами подчеркивают следующие ограничения методики: технически сложно выполнить забор надкостницы и создать герметичную полость в области повреждения хряща, нередки случаи гипертрофического разрастания новой ткани, а также артрофиброза, требующего мобилизирующих вмешательств [41].

Устранению этих недостатков способствовала методика имплантации аутохондроцитов под коллагеновые мембраны/матрицы (МАСИ), обладающие потенциалом хондроиндукции и хондрокондукции *in vivo*, возможностью полной очистки от

неколлагеновых протеинов, незначительным иммуногенным действием и высокой биологической совместимостью [12]. В настоящее время доступны несколько видов мембран: Chondro-Gide (Geistlich Biomaterials), ChondroCelect (TiGenix), Carticel (Genzyme Biosurgery), Novocart Basic (Aesculap). Коллагеновые мембраны положительно влияют на дифференцировку мультипотентной мезенхимальной стволовой клеточной культуры в хондрогенном направлении, в результате чего происходит формирование характерного для гиалинового хряща внеклеточного матрикса и повышается синтез ключевых белков, таких как коллаген II типа, агрекан, локальное выделение биоактивного фактора TGF- $\beta$ 1, что благоприятствует регенерации хрящевой ткани [42, 43, 44]. Недостатками методики МАСИ считаются техническая сложность и высокая стоимость операции, длительный реабилитационный период, проблемы культивирования и поддержания фенотипа, равномерного распределения и удержания в зоне повреждения имплантируемых клеток [45, 46].

В ряде систематических обзоров были получены выводы о том, что использование коллагеновой матрицы позволило существенно снизить уровень ревизионных вмешательств по сравнению с надкостничным лоскутом: по данным А. Pateek с соавторами с 52,6 до 15,1%, а J.D. Harris с соавторами в 6 раз — с 8 до 1,5% [47, 48]. Однако рандомизированные клинические исследования, сравнивающие 10-летние и более длительные результаты обеих методик, отсутствуют.

Накопленный опыт клинического применения МАСИ отражен в большом количестве работ, опубликованных в последние 5 лет [46, 49, 50, 51, 52]. Результаты операций, по данным мультицентровых исследований, были хорошими и отличными в 84% наблюдений спустя 4 года после операций [38], при продлении сроков наблюдения до 10 лет они сохранялись таковыми у 80–90% пациентов [46, 47]. Р. Kreuz с соавторами в проспективном исследовании 21 пациента с полнослойными дефектами хряща оценили долгосрочные результаты применения методики МАСИ. По их данным, через 12 лет после оперативного лечения у пациентов были получены значительно более высокие показатели, чем до операции, по субъективным шкалам IKDC, KOOS, Lysholm, Noyes, при этом в 10 случаях из 14 по данным МРТ было выявлено полное или почти полное замещение дефекта хряща [52]. Тем не менее частота неудачных исходов при МАСИ может достигать 14,9–19,0%, причем большинство из них развивается в течение первых 5 лет, требуя проведения тотального или одномоментного эндопротезирования коленного сустава [50, 51].

### *Пересадка мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток*

Стремление к преодолению проблем и уменьшению материальных затрат, связанных с культивированием аутохондроцитов, желание избежать дополнительной травматизации хряща при заборе клеток, доказанная в эксперименте и клинике способность дифференцировки ММСК в хондроциты, стимулируемая коллагеновыми мембранами, способствовали применению стволовых клеток для лечения ЛПХ путем их внутрисуставного введения [53, 54] или имплантации под коллагеновую мембрану [14, 55]. Ближайшие и среднесрочные исходы подобных операций продемонстрировали обнадеживающие клинические, рентгенологические, МРТ и гистологические результаты [55, 56]. А. Тео с соавторами на основании сравнительного анализа результатов лечения 62 пациентов с минимальным сроком наблюдения 10 лет после пересадки ММСК и методики АСИ сделали вывод об отсутствии значимых субъективных клинических различий между группами. По их данным, обе методики оказались одинаково эффективными в долгосрочном периоде, при этом повторные операции после АСИ потребовались в шести случаях, тогда как при использовании ММСК — в пяти, включая одно эндопротезирование [57].

### *Сочетание методик: микропереломы и коллагеновая мембрана*

Аналогичные аргументы послужили теоретическому обоснованию и широкому клиническому применению сочетанной методики (мембрана + микропереломы — аутологичный хондрогенез индуцированный коллагеновой мембраной/ autologous matrix-induced chondrogenesis — АМС), предусматривающей формирование «супергустка» из крови, поступающей в зону повреждения хряща после формирования микропереломов субхондральной кости, стабильную фиксацию его коллагеновой мембраной и дифференцировку ММСК в хондроциты, стимулируемую мембраной [58, 59, 60].

Изучению эффективности клинического использования методики АМС посвящено значительное количество исследований и публикаций [58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67]. Клинические результаты, оцениваемые с помощью функциональных балльных шкал, признаны сопоставимыми с клиническими исходами имплантации аутологичных хондроцитов через 1 и 2 года после операции [58, 60, 62, 63, 66]. Спустя 5 лет сохранялись высокие показатели функциональных шкал и степень удовлетворенности пациентов (субъективная оценка), а также восстановление гомогенной морфологии

хрящевой ткани дефекта от умеренного до полного по данным МРТ [61, 67].

S. Bark с соавторами, проанализировав 28 исследований, включавших 3122 пациента, посвященных сравнению исходов техники микропереломов и методики АМС, сделали вывод, что клинические и МРТ результаты методики АМС превосходят таковые при микропереломах в среднесрочной перспективе [68]. M. Volz с соавторами сравнили результаты микропереломов и методики АМС, достигнутые в ходе рандомизированного контролируемого исследования. Через 2 года после хирургического вмешательства улучшение клинических результатов по балльным шкалам оценки функции коленного сустава и показателей МРТ было отмечено в обеих подгруппах. Однако спустя 5 лет в подгруппе АМС стабильный положительный результат сохранялся и заполнение дефекта, по данным МРТ, было более полным, в то время как оцениваемые показатели существенно ухудшились в подгруппе микропереломов [69].

Хотя единичные рандомизированные клинические исследования свидетельствуют, что положительный эффект АМС может продолжаться до 9 лет [70]. Тем не менее авторы недавнего систематического обзора, включающего 28 исследований, посвященных этой методике, констатируют малочисленность качественно проведенных работ, оценивающих АМС в сравнении с более детально изученными техниками создания микропереломов, МКХА и АСИ, что делает затруднительным определение четких клинических показаний к ее применению [71].

Перспективной альтернативой методике АМС в настоящее время является использование различных видов специальных гидрогелей, представляющих собой пористые синтетические или биологические полимеры с перекрестной структурой строения, которые могут быть использованы в качестве матрицы вместо коллагеновой мембраны [72]. Оценка ближайших результатов показывает, что в сроки до двух лет применение гидрогелей приводит к заполнению дефекта хряща более чем на 90%, что при субъективной оценке превосходит результаты микрофрактуринга [73, 74]. Однако необходимы более долгосрочные результаты сравнения клинической эффективности гидрогелей с другими методами лечения ЛПХ.

### *Частота применения различных методик восстановления хряща в реальной клинической практике*

Представляет интерес сравнение популярности такого большого количества методик, используемых для лечения ЛПХ, в повседневной клинической практике.

R.M. Frank с соавторами на основании анализа Large US Commercial Database, содержащей сведения о 47 207 оперативных вмешательствах при ЛПХ, опубликовали следующие данные о частоте применения различных операций хирургами: у 43 576 пациентов использована методика создания микропереломов, у 1383 — МКХА, у 714 — костно-хрящевая аллопластика и у 640 больных — методика АСІ. При этом в 65% наблюдений одновременно выполнялась менискэктомия. Повторным операциям через два года подверглись после АСІ 29,69% пациентов, после микропереломов — 14,65%, после костно-хрящевой аллопластики — 12,22%, после МКХА — 8,82% больных [75]. Остается непонятным, почему наиболее эффективная, технически не сложная и не требующая больших материальных затрат методика МКХА при ЛПХ используется в клинической практике довольно редко как в нашей стране, так и за рубежом.

Существенно отличаются цифры о нуждаемости в повторных вмешательствах, опубликованные в других работах. Так, по данным немецкого регистра повреждений хряща (German Cartilage Registry) за 2013–2017 гг., из 2659 случаев хирургического лечения ЛПХ коленного сустава через 12 мес. только 3,3% пациентов нуждались в повторной операции. При этом статистически значимых различий в количестве повторных вмешательств в зависимости от применявшейся хирургической методики и локализации повреждения не было [76].

Сходных результатов достигли J.C. Riboh с соавторами при сравнении эффективности методики микропереломов, МКХА, АСІ первого поколения и МАСІ у 855 оперированных пациентов. В течение двух лет после операции существенной разницы в количестве ревизионных вмешательств и достигнутых функциональных результатах по балльным функциональным шкалам между группами не было. Однако через 5 лет уровень ревизий стал выше после микропереломов, а спустя 10 лет в «рейтинге эффективности» методики расположились в следующем порядке: МАСІ — АСІ — МКХА — микропереломы [77]. В.М. Devitt с соавторами опубликовали свой «рейтинг эффективности» по результатам 10-летнего наблюдения за больными: МАСІ — МКХА — микропереломы [78]. Напротив, в ходе мультицентрового рандомизированного клинического исследования (через 15 лет после операции авторы не смогли выявить значимых различий в результатах лечения между группами пациентов, у которых применялись микрофрактуринг и АСІ [79]. Последний систематический обзор, опубликованный в 2020 г. R. Zamborsky с соавторами, по-

казал, что в долгосрочном периоде (10 и более лет) микрофрактуринг значительно уступает по эффективности и числу осложнений другим методам лечения ЛПХ. При этом авторы обнаружили малое количество качественных работ, сравнивающих результаты АСІ, МАСІ и АМІС, в связи с чем пришли к выводу, что необходимо проведение рандомизированных клинических исследований данных методик в долгосрочной перспективе для оценки их эффективности [80].

Немаловажным фактором при сравнении эффективности различных методик лечения ЛПХ является размер дефекта. R. Ossendorf с соавторами провели сравнительную оценку 10-летних результатов лечения 44 пациентов с локальными повреждениями хряща методами микропереломов и АСІ. По данным субъективных шкал IKDC, KOOS, ВАШ, а также МРТ-оценки не было выявлено значимых различий между группами. При этом в исследовании указано, что площадь дефекта была значительно больше в группе АСІ (4,34 см<sup>2</sup> против 2,37 см<sup>2</sup>), что оказало существенное влияние на итоговые результаты [81].

G. Bentley с соавторами, сравнив результаты МКХА и методики МАСІ у 100 пациентов через 10 лет после операции, пришли к следующим выводам: в течение первых двух лет результаты МКХА были более чем удовлетворительными, но далее отмечалось резкое ухудшение оцениваемых показателей по балльным функциональным шкалам, в то время как в группе МАСІ уровень достигнутых результатов не менялся в течение 10 лет наблюдения. Функциональные результаты и выживаемость были существенно лучше в группе МАСІ. Средний период между первичной и повторной операциями составил 5,1 лет для пациентов группы МАСІ и 4,3 года для больных группы МКХА. У 55% пациентов группы с мозаичной хондропластикой исход операции через 10 лет был оценен как неудачный, в сравнении с 17% в группе МАСІ [82].

V. Fossum с соавторами, проведя проспективное рандомизированное клиническое исследование эффективности АМІС в сравнении с МАСІ, через 2 года не обнаружили значимых различий между двумя группами пациентов по выраженности болевого синдрома и функциональному состоянию коленного сустава, хотя после АМІС двум пациентам потребовалось проведение ТЭКС [83].

Интерес представляет изучение минимально значимых различий при оценке долгосрочных результатов применения разнообразных методик хирургического восстановления дефектов хряща, оцениваемых пациентом самостоятельно. По результатам 89 исследований, включающих 3894 наблюдения с использованием различных балльных систем оценки функции коленного сустава, только



МКХА и АСІ продемонстрировали высокую эффективность в сроки более 10 лет [84]. Долгосрочные результаты рандомизированных клинических ис-

следований по оценке эффективности различных методик лечения ЛПХ коленного сустава представлены в таблице.

Таблица

**Долгосрочные результаты рандомизированных клинических исследований оценки эффективности различных методик лечения ЛПХ**

Автор, год	Размер дефекта, см <sup>2</sup>	Методика	Кол-во пациентов	Срок наблюдения, лет	Рецидив/неудовлетворительный исход	p
R.G. Gudas (2012) [20]	2,8 (1–4)	Микрофрактуринг	29	10,4	38% (11 из 29)	<0,05
		МКХА	28		14% (4 из 28)	
E. Solheim (2017) [80]	3,5 (2–5)	Микрофрактуринг	20	15	80% (16 из 20)	<0,05
		МКХА	20		40% (8 из 20)	
G. Knutsen (2016) [79]	2–10	Микрофрактуринг	40	15	32,5% (13 из 40)	0,356
		АСІ	40		42,5% (17 из 40)	
G. Bentley (2012) [76]	4,0 (1–20)	МКХА	42	10–12	55% (23 из 42)	<0,001
	4,4 (1–10)	АСІ	58		17% (10 из 58)	
M. Volz (2017) [69]	3,6 (2–10)	Микрофрактуринг	9	5	66% (6 из 9)	<0,01
		АМІС	30		7% (2 из 30)	

Немаловажным является и анализ экономической эффективности применения различных методик. Так, J. Schrock с соавторами оценили стоимость вмешательства по созданию микропереломов в 3989 долларов США, МКХА — 6110 долларов США, а АСІ — в 10195 долларов США. Причем последняя методика характеризовалась и самой высокой стоимостью повторных вмешательств (в среднем 730 долларов США), обусловленных гипертрофией регенерата или развитием контрактуры. Стоимость улучшения функциональных показателей на один пункт составила 200 долларов США для микропереломов, 313 долларов США для МКХА и 536 долларов США для АСІ [85].

Таким образом, несмотря на то, что в последние два десятилетия в клиническую практику были внедрены новые методы хирургического лечения ЛПХ с использованием мембран и клеточных технологий (ММСК, АСІ, МАСІ, АМІС), они остаются довольно дорогими, а их долгосрочные преимущества — недостаточно изученными. Технически простые и дешевые методики стимуляции хондрогенеза за счет формирования кровяного сгустка уступают по своей клинической эффективности и надежности всем остальным способам и поэтому должны использоваться крайне ограниченно, лишь при минимальных дефектах. МКХА является простым, легко воспроизводимым и проверенным временем вариантом восстановления хондральных и остеохондральных дефектов, поэтому, на

наш взгляд, может быть рекомендована как метод выбора. Комбинация мембран с различными клеточными продуктами или микропереломами показана при обширных ЛПХ или невозможности проведения МКХА.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** без спонсорской поддержки.

**Вклад авторов**

*Куляба Т.А.* — идея и разработка концепции обзора, подбор, анализ и интерпретация результатов поиска публикаций по теме статьи, окончательная редакция.

*Банцер С.А.* — поиск и анализ публикаций по теме обзора, подготовка и оформление текста статьи.

*Трачук П.А.* — поиск, анализ и описание публикаций по теме статьи.

*Корнилов Н.Н.* — разработка идеи и концепции обзора, подбор, анализ и интерпретация результатов поиска публикаций по теме статьи, окончательная редакция.

**Литература [References]**

1. Aleman O. Chondromalacia post-traumatica patellae. *Acta Chir Scand.* 1928;63:194.
2. Hjelle K., Solheim E., Strand T., Muri R., Brittberg M. Articular cartilage defects in 1,000 knee arthroscopies. *Arthroscopy.* 2002;18(7):730-734. doi: 10.1053/jars.2002.32839.

3. Gaissmaier C., Fritz J., Schewe B., Weise K., Mollenhauer J., Aicher W. Cartilage defects: epidemiology and natural history. *Osteosynthesis and Trauma Care*. 2006;14(3):188-194. doi: 10.1055/s-2006-942234.
4. Montgomery S.R., Foster B.D., Ngo S.S., Terrell R.D., Wang J.C., Petrigliano F.A., McAllister D.R. Trends in the surgical treatment of articular cartilage defects of the knee in the United States. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(9):2070-2075. doi: 10.1007/s00167-013-2614-9.
5. Hancock K.J., Westermann R.R., Shamrock A.G., Duchman K.R., Wolf B.R., Amendola A. Trends in knee articular cartilage treatments: an American board of orthopaedic surgery database study. *J Knee Surg*. 2019;32(1):85-90. doi: 10.1055/s-0038-1635110.
6. Aroen A., Loken S., Heir S., Alvik E., Ekeland A., Granlund O.G., Engebretsen L. Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies. *Am J Sports Med*. 2004;32(1):211-215. doi: 10/1177/0363546403259345.
7. Farr J., Cole B., Dhawan A., Kercher J., Sherman S. Clinical cartilage restoration: evolution and overview. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(10):2696-2705. doi: 10.1007/s11999-010-1764-z.
8. Shirazi R., Shirazi-Adl A. Computational biomechanics of articular cartilage of human knee joint: effect of osteochondral defects. *J Biomech*. 2009;42(15):2458-2465. doi: 10.1016/j.jbiomech.2009.07.022.
9. Hafezi-Nejad N., Zikria B., Eng J., Carrino J.A., Demehri S. Predictive value of semi-quantitative MRI-based scoring systems for future knee replacement: data from the osteoarthritis initiative. *Skeletal Radiol*. 2015;44(11):1655-1662. doi: 10.1007/s00256-015-2217-2.
10. Jungmann P.M., Gersing A.S., Baumann F., Holwein C., Braun S., Neumann J., et al. Cartilage repair surgery prevents progression of knee degeneration. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(9):3001-3013. doi: 10.1007/s00167-018-5321-8.
11. Kon E., Filardo G., Di Matteo B., Perdisa F., Marcacci M. Matrix assisted autologous chondrocyte transplantation for cartilage treatment: A systematic review. *Bone Joint Res*. 2013;2(2):18-25. doi: 10.1302/2046-3758.22.2000092.
12. Filardo G., Kon E., Roffi A., Di Martino A., Marcacci M. Scaffold-based repair for cartilage healing: a systematic review and technical note. *Arthroscopy*. 2013;29(1):174-186. doi: 10.1016/j.arthro.2012.05.891.
13. Миронов С.П., Омеляненко Н.П., Кон Е., Орleckий А.К., Карпов И.Н., Купряков А.П. Классификация и методы лечения хрящевых дефектов. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2008;(3):81-85. Mironov S.P., Omelyanenko N.P., Kon E., Orleckij A.K., Karpov I.N., Kupryakov A.P. [Cartilage defects classification and treatment methods]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2008;(3): 81-85. (In Russian).
14. Richter D.L., Schenck R.C. Jr., Wascher D.C., Treme G. Knee Articular Cartilage Repair and Restoration Techniques: A Review of the Literature. *Sports Health*. 2016;8(2):153-160. doi: 10.1177/1941738115611350
15. Abram S.G.F., Palmer A.J.R., Judge A., Beard D.J., Price A.J. Rates of knee arthroplasty in patients with a history of arthroscopic chondroplasty: results from a retrospective cohort study utilising the National Hospital Episode Statistics for England. *BMJ Open*. 2020;10(4):e030609. doi: 10.1136/bmjopen-2019-030609.
16. Jacobi M., Villa V., Magnussen R.A., Neyret P. MACI — a new era? *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*. 2011;3(1):10. doi: 10.1186/1758-2555-3-10.
17. Dorotka R., Windberger U., Macfelda K., Bindreiter U., Toma C., Nehrer S. Repair of articular cartilage defects treated by microfracture and a three-dimensional collagen matrix. *Biomaterials*. 2005;26(17):3617-3629.
18. Gooding C.R., Bartlett W., Bentley G., Skinner J.A., Carrington R., Flanagan A. A prospective, randomised study comparing two techniques of autologous chondrocyte implantation for osteochondral defects in the knee: Periosteum covered versus type I/III collagen covered. *Knee*. 2006;13(3):203-210. doi: 10.1016/j.knee.2006.02.011.
19. Pestka J.M., Bode G., Salzmann G., Sudkamp N.P., Niemeyer P. Clinical outcome of autologous chondrocyte implantation for failed microfracture treatment of full-thickness cartilage defects of the knee joint. *Am J Sports Med*. 2012;40(2):325-331. doi: 10.1177/0363546511425651.
20. Gudas R., Gudaite A., Pocius A., Gudiene A., Cekanauskas E., Monastyreckiene E., Basevicius A. Ten-year follow-up of a prospective, randomized clinical study of mosaic osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of osteochondral defects in the knee joint of athletes. *Am J Sports Med*. 2012;40(11):2499-2508. doi: 10.1177/0363546512458763.
21. Salzmann G.M., Sah B., Sudkamp N.P., Niemeyer P. Reoperative characteristics after microfracture of knee cartilage lesions in 454 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(2):365-371. doi: 10.1007/s00167-012-1973-y.
22. Layton A., Arnold R.J., Graham J., Frasco M.A., Cote E., Lynch N.M. Long-term failure rates associated with knee microfracture surgery. *Value in health*. 2015;18(3):A156. doi: 10.1016/j.jval.2015.03.905.
23. Эйсмонт О.Л., Борисов А.В., Малюк Б.В., Букач Д.В. Артроскопическая диагностика и лечение локальных повреждений хряща коленного сустава. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2007;(3):111-116. Ehjmont O.L., Borisov A.V., Malyuk B.V., Bukach D.V. [Arthroscopic diagnosis and treatment of local injuries of the knee cartilage]. *Ortopediya travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 2007;(3):111-116. (In Russian).
24. Котельников Г.П., Волова Л.Т., Ларцев Ю.В., Долгушкин Д.А., Тертерян М.А. Новый способ пластики дефектов суставного гиалинового хряща комбинированным клеточно-тканевым трансплантатом. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(1):150-155. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-1-150-155. Kotelnikov G.P., Volova L.T., Lartsev Y.V., Dolgushkin D.A., Terteryan M.A. [The new plastic method of articular hyaline cartilage defects with combined cellular-tissue graft]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(1):150-155. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-1-150-155.
25. Hangody L., Vasarhelyi G., Hangody L.R., Sukosd Z., Tibay G., Bartha L., Bodo G. Autologous osteochondral grafting-technique and long-term results. *Injury*. 2008;39(1):32-39. doi: 10.1016/j.injury.2008.01.041.
26. Newman A.P. Articular cartilage repair. *Am J Sports Med*. 1998;26(2):309-324.
27. Convery R.F., Akeson W.N., Meyers M.H. The operative technique of fresh osteochondral allografting of the knee. *Operative Techniq Orthop*. 1997;7(4):340-344.

28. Brittberg M. Autologous chondrocyte implantation-technique and long-term follow-up. *Injury*. 2008;39(1):40-49. doi: 10.1016/j.injury.2008.01.040.
29. Minas T., Gomoll A.H., Solhpour S., Rosenberger R., Probst C., Bryant T. Autologous chondrocyte implantation for joint preservation in patients with early osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(1):147-157. doi: 10.1007/s11999-009-0998-0.
30. Familiari F., Cinque M.E., Chahla J., Godin J.A., Olesen M.L., Moatshe G., LaPrade R.F. Clinical Outcomes and Failure Rates of Osteochondral Allograft Transplantation in the Knee: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. 2018;46(14):3541-3549. doi: 10.1177/0363546517732531.
31. Hangody L., Fules P. Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A(2):25-32.
32. Bobic V. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary clinical study. *Knee Surg Traumatol Arthrosc*. 1996;(3):262-264. doi: 10.1007/bf01466630.
33. Matsusue Y., Kotake T., Nakagawa Y., Nakamura T. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation for chondral lesion of the tibial plateau of the knee. *Arthroscopy*. 2001;17(6):653-659. doi: 10/1053/jars.2001.22400.
34. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Селин А.В., Печинский А.И. Отдаленные результаты мозаичной костно-хрящевой аутопластики при лечении заболеваний и повреждений коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2007;(3):24. Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Selin A.V., Pechinskij A.I. [Long-term results of mosaic osteochondral autoplasty in the treatment of diseases and injuries of the knee joint]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2007;(3):24. (In Russian).
35. Ulstein S., Årøen A., Røtterud J.H., Løken S., Engebretsen L., Heir S. Microfracture technique versus osteochondral autologous transplantation mosaicplasty in patients with articular chondral lesions of the knee: a prospective randomized trial with long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(6):1207-1215. doi: 10.1007/s00167-014-2843-6.
36. Solheim E., Hegna J., Strand T., Harlem T., Inderhaug E. Randomized Study of Long-term (15-17 Years) Outcome After Microfracture Versus Mosaicplasty in Knee Articular Cartilage Defects. *Am J Sports Med*. 2018;46(4):826-831. doi: 10.1177/0363546517745281.
37. Koulalis D., Schultz W., Heyden M. Autologous chondrocyte transplantation for osteochondritis dissecans of the talus. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(395):186-192. doi: 10.1097/00003086-200202000-00021.
38. Gomoll A.H., Gillogly S.D., Cole B.J., Farr J., Arnold R., Hussey K., Minas T. Autologous chondrocyte implantation in the patella: a multicenter experience. *Am J Sports Med*. 2014;42(5):1074-1081. doi: 10.1177/0363546514523927.
39. Minas T., Von Keudell A., Bryant T., Gomoll A.H. The John Insall Award: A minimum 10-year outcome study of autologous chondrocyte implantation. *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472(1):41-51. doi: 10.1007/s11999-013-3146-9.
40. Carey J.L., Shea K.G., Lindahl A., Vasiliadis H.S., Lindahl C., Peterson L. Autologous Chondrocyte Implantation as Treatment for Unsalvageable Osteochondritis Dissecans: 10- to 25-Year Follow-up. *Am J Sports Med*. 2020;48(5):1134-1140. doi: 10.1177/0363546520908588.
41. Kon E., Verdonk P., Condello V., Delcogliano M., Dhollander A., Filardo G., Pignotti E., Marcacci M. Matrix-assisted autologous chondrocyte transplantation for the repair of cartilage defects of the knee: systematic clinical data review and study quality analysis. *Am J Sports Med*. 2009;37(1):156-166. doi: 10.1177/0363546509351649.
42. Kramer J., Bohrsen F., Lindner U., Behrens P., Schlenke P., Rohwedel J. In vivo matrix-guided human mesenchymal stem cells. *Cell Mol Life Sci*. 2006;63(5):616-626. doi: 10.1007/s00018-005-5527-z.
43. Martinez I., Elvenes J., Olsen R., Bertheussen K., Johansen O. Redifferentiation of in vitro expanded adult articular chondrocytes by combining the hanging-drop cultivation method with hypoxic environment. *Cell Transplant*. 2008;17(8):987-996. doi: 10.3727/096368908786576499.
44. Dickhut A., Dexheimer V., Martin K., Lauinger R., Heisel C., Richter W. Chondrogenesis of human mesenchymal stem cells by local transforming growth factor-beta delivery in a biphasic resorbable carrier. *Tissue Eng Part A*. 2010;16(2):453-464. doi: 10.1089/ten.TEA.2009.0168.
45. Hickery M.S., Bayliss M.T., Dudhia J., Lewthwaite J.C., Edwards J.C., Pitsillides A.A. Age-related changes in the response of human articular cartilage to IL-1alpha and transforming growth factor-beta (TGF-beta): chondrocytes exhibit a diminished sensitivity to TGF-beta. *J Biol Chem*. 2003;278(52):53063-53071. doi: 10.1074/jbc.M209632200.
46. Bentley G., Bhamra J.S., Gikas P.D., Skinner J.A., Carrington R., Briggs T.W. Repair of osteochondral defects in joints-how to achieve success. *Injury*. 2013;44(1):3-10. doi: 10.1016/S0020-1383(13)70003-2.
47. Pareek A., Carey J.L., Reardon P.J., Peterson L., Stuart M.J., Krych A.J. Long-term outcomes after autologous chondrocyte implantation: a systematic review at mean follow-up of 11.4 Years. *Cartilage*. 2016;7(4):298-308. doi: 10.1177/1947603516630786.
48. Harris J.D., Siston R.A., Brophy R.H., Lattermann C., Carey J.L., Flanigan D.C. Failures, re-operations, and complications after autologous chondrocyte implantation-a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011;19(7):779-791. doi: 10.1016/j.joca.2011.02.010.
49. Kon E., Filardo G., Di Matteo B., Perdisa F., Marcacci M. Matrix assisted autologous chondrocyte transplantation for cartilage treatment: A systematic review. *Bone Joint Res*. 2013;2(2):18-25. doi: 10.1302/2046-3758.22.2000092.
50. Andriolo L., Merli G., Filardo G., Marcacci M., Kon E. Failure of autologous chondrocyte implantation. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2017;25(1):10-18. doi: 10.1097/JSA.0000000000000137.
51. de Windt T.S., Vonk L.A., Brittberg M., Saris D.B. Treatment and prevention of (early) osteoarthritis using articular cartilage repair-fact or fiction? A systematic review. *Cartilage*. 2013;4(3):5-12. doi: 10.1177/1947603513486560.
52. Kreuz P.C., Kalkreuth R.H., Niemeyer P., Uhl M., Erggelet C. Long-Term Clinical and MRI Results of Matrix-Assisted Autologous Chondrocyte Implantation for Articular Cartilage Defects of the Knee. *Cartilage*. 2019;10(3):305-313. doi:10.1177/1947603518756463.
53. Saw K.-Y., Loke S.-C., Tay Y.-G. A novel approach to neochondrogenesis induced by peripheral blood stem cells

- and hyaluronic acid. Presented at the British Orthopaedic Association annual congress. *BJP*. 2013;114(11):1610-1618. doi: 10.1152/jappphysiol.01132.2012.
54. Божокин М.С., Божкова С.А., Нетьлько Г.И. Возможности современных клеточных технологий для восстановления поврежденного суставного хряща (аналитический обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(3):122-134. doi: 10/21823/2311-2905-2016-22-3-122-134.
  - Bozhokin M.S., Bozhkova S.A., Netylko G.I. [Possibilities of modern cellular technologies for the restoration of damaged articular cartilage (analytical review of the literature)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;22(3):122-134. (In Russian). doi: 10/21823/2311-2905-2016-22-3-122-134.
  55. Wakitani S., Imoto K., Yamamoto T., Saito M., Murata N., Yoneda M. Human autologous culture expanded bone marrow mesenchymal cell transplantation for repair of cartilage defects in osteoarthritic knees. *Osteoarthritis Cartilage*. 2002;10(3):199-206. doi: 10.1053/joca.2001.0504.
  56. Брянская А.И., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Румакин В.П., Горностаев В.С. Артропластика с использованием аутологичных мультипотентных мезенхимальных клеток и коллагеновой мембраны Chondro-gide. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2014;(1):62-66.
  - Bryanskaya A.I., Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Rumakin V.P., Gornostaev V.S. [Arthroplasty using autologous multipotent mesenchymal cells and Chondro-gide collagen membrane]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2014;(1):62-66. (In Russian).
  57. Teo A.Q.A., Wong K.L., Shen L., Lim J.Y., Toh W.S., Lee E.H., Hui J.H.P. Equivalent 10-Year Outcomes After Implantation of Autologous Bone Marrow-Derived Mesenchymal Stem Cells Versus Autologous Chondrocyte Implantation for Chondral Defects of the Knee. *Am J Sports Med*. 2019;47(12):2881-2887. doi: 10.1177/0363546519867933.
  58. Lee Y.H., Suzer F., Thermann H. Autologous Matrix-induced chondrogenesis in the knee: a review. *Cartilage*. 2014;5(3):145-153. doi: 10.1177/1947603514529445.
  59. Gille J., Behrens P., Volpi P., de Girolamo L., Reiss E., Zoch W., Anders S. Outcome of Autologous Matrix Induced Chondrogenesis (AMIC) in cartilage knee surgery: data of the AMIC Registry. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(1):87-93. doi: 10.1007/s00402-012-1621-5.
  60. Schiavone Panni A., Cerciello S., Vasso M. The management of knee cartilage defects with modified amic technique: preliminary results. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2011;24(1 Suppl 2):149-152. doi: 10.1177/03946320110241s228.
  61. Gille J., Schuseil E., Wimmer J., Gellissen J., Schulz A.P., Behrens P. Mid-term results of Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis for treatment of focal cartilage defects in the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(11):1456-1464. doi: 10.1007/s00167-010-1042-3.
  62. Oheim R., Behrens P., Volpi P., Girolamo L., Reiss Eric E., Zoch W. et al. Mid-term results of autologous matrix induced chondrogenesis (amic) in cartilage knee surgery. *Br J Sports Med*. 2013;47(10):e3. doi: 10.1136/bjsports-2013-092558.6.
  63. Anders S., Volz M., Frick H., Gellissen J. A randomized, controlled trial comparing autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC®) to microfracture: analysis of 1- and 2-year follow-up data of 2 centers. *Open Orthop J*. 2013;(3)7:133-143. doi: 10.2174/1874325001307010133.
  64. Bertho P., Pauvert A., Poudroux T., Robert H.; Orthopaedics and Traumatology Society of Western France (SOO). Treatment of large deep osteochondritis lesions of the knee by autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC): Preliminary results in 13 patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018;104(5):695-700. doi: 10.1016/j.otsr.2018.05.008.
  65. Schiavone Panni A., Del Regno C., Mazzitelli G., D'Apolito R., Corona K., Vasso M. Good clinical results with autologous matrix-induced chondrogenesis (Amic) technique in large knee chondral defects. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(4):1130-1136. doi: 10.1007/s00167-017-4503-0.
  66. Schagemann J., Behrens P., Paech A., Riepenhof H., Kienast B., Mittelstadt H., Gille J. Mid-term outcome of arthroscopic AMIC for the treatment of articular cartilage defects in the knee joint is equivalent to mini-open procedures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018;138(6):819-825. doi: 10.1007/s00402-018-2887-z.
  67. Hoburg A., Leitsch J.M., Diederichs G., Lehnigk R., Perka C., Becker R., Scheffler S. Treatment of osteochondral defects with a combination of bone grafting and AMIC technique. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018;138(8):1117-1126. doi: 10.1007/s00402-018-2944-7.
  68. Bark S., Piontek T., Behrens P., Mkalaluh S., Varoga D., Gille J. Enhanced microfracture techniques in cartilage knee surgery: Fact or fiction? *World J Orthop*. 2014;5(4):444-449. doi: 10.5312/wjo.v5.i4.444.
  69. Volz M., Schaumburger J., Frick H., Grifka J., Anders S. A randomized controlled trial demonstrating sustained benefit of Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis over microfracture at five years. *Int Orthop*. 2017;41(4):797-804. doi: 10.1007/s00264-016-3391-0.
  70. de Girolamo L., Schönhuber H., Viganò M., Bait C., Quaglia A., Thiebat G., Volpi P. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC) and AMIC Enhanced by Autologous Concentrated Bone Marrow Aspirate (BMAC) Allow for Stable Clinical and Functional Improvements at up to 9 Years Follow-Up: Results from a Randomized Controlled Study. *J Clin Med*. 2019;8(3):392. doi: 10.3390/jcm8030392.
  71. Gao L., Orth P., Cucchiari M., Madry H. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis: A Systematic Review of the Clinical Evidence. *Am J Sports Med*. 2019;47(1):222-231. doi: 10.1177/0363546517740575.
  72. Amini A.A., Nair L.S. Injectable hydrogels for bone and cartilage repair. *Biomed Mater*. 2012;7(2):024105. doi: 10.1088/1748-6041/7/2/024105.
  73. Pipino G., Risitano S., Alviano F., Wu E.J., Bonsi L., Vaccaris D.C., Indelli P.F. Microfractures and hydrogel scaffolds in the treatment of osteochondral knee defects: A clinical and histological evaluation. *J Clin Orthop Trauma*. 2019;10(1):67-75. doi: 10.1016/j.jcot.2018.03.001.
  74. Wolf M.T., Zhang H., Sharma B., Marcus N.A., Pietzner U., Fickert S., Lueth A., Albers G.H.R., Elisseff J.H. Two-Year Follow-Up and Remodeling Kinetics of ChonDux Hydrogel for Full-Thickness Cartilage Defect Repair in the Knee. *Cartilage*. 2018;1947603518800547. doi: 10.1177/1947603518800547. Epub ahead of print.
  75. Frank R.M., McCormick F., Rosas S., Amoo-Achampong K., Erickson B., Bach B.R. Jr, Cole B.J. Reoperation rates after cartilage restoration procedures in the knee: analysis of a large US commercial database. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2018;47(6). doi: 10.12788/ajo.2018.0040.

76. Pestka J.M., Luu N.H., Sudkamp N.P., Angele P., Spahn G., Zinser W., Niemeyer P. Revision surgery after cartilage repair: data from the German cartilage registry (KnorpelRegister DGO). *Orthop J Sports Med.* 2018;6(2):2325967117752623. doi: 10.1177/2325967117752623.
77. Riboh J.C., Cvetanovich G.L., Cole B.J., Yanke A.B. Comparative efficacy of cartilage repair procedures in the knee: a network meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(12):3786-3799. doi: 10.1007/s00167-016-4300-1.
78. Devitt B.M., Bell S.W., Webster K.E., Feller J.A., Whitehead T.S. Surgical treatments of cartilage defects of the knee: Systematic review of randomized controlled trials. *Knee.* 2017;24(3):508-517. doi: 10.1016/j.knee.2016.12.002.
79. Knutsen G., Drogset J.O., Engebretsen L., Grøntvedt T., Ludvigsen T.C., Løken S., Solheim E., Strand T., Johansen O. A Randomized Multicenter Trial Comparing Autologous Chondrocyte Implantation with Microfracture: Long-Term Follow-up at 14 to 15 Years. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(16):1332-1339. doi: 10.2106/JBJS.15.01208.
80. Zamborsky R., Danisovic L. Surgical Techniques for Knee Cartilage Repair: An Updated Large-Scale Systematic Review and Network Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Arthroscopy.* 2020;36(3):845-858. doi: 10.1016/j.arthro.2019.11.096.
81. Ossendorff R., Franke K., Erdle B., Uhl M., Südkamp N.P., Salzmann G.M. Clinical and radiographical ten years long-term outcome of microfracture vs. autologous chondrocyte implantation: a matched-pair analysis. *Int Orthop.* 2019;43(3):553-559. doi: 10.1007/s00264-018-4025-5.
82. Bentley G., Biant L.C., Vijayan S., Macmull S., Skinner J.A., Carrington R.W. Minimum ten-year results of a prospective randomised study of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for symptomatic articular cartilage lesions of the knee. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(4):504-509. doi: 10.1302/0301-620X.94B4.27495.
83. Fossum V., Hansen A.K., Wilsgaard T., Knutsen G. Collagen-Covered Autologous Chondrocyte Implantation Versus Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis: A Randomized Trial Comparing 2 Methods for Repair of Cartilage Defects of the Knee. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(9):2325967119868212. doi: 10.1177/2325967119868212.
84. Jones K.J., Kelley B.V., Arshi A., McAllister D.R., Fabricant P.D. Comparative Effectiveness of Cartilage Repair With Respect to the Minimal Clinically Important Difference. *Am J Sports Med.* 2019;47(13):3284-3293.
85. Schrock J.B., Kraeutler M.J., Houck D.A., McQueen M.B., McCarty E.C. A Cost-Effectiveness Analysis of Surgical Treatment Modalities for Chondral Lesions of the Knee: Microfracture, Osteochondral Autograft Transplantation, and Autologous Chondrocyte Implantation. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(5):2325967117704634. doi: 10.1177/2325967117704634.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Куляба Тарас Андреевич** — д-р мед. наук, руководитель научного отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3175-4756>

**Банцер Сергей Александрович** — канд. мед. наук, преподаватель кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7291-7032>

**Трачук Павел Александрович** — врач, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4442-5381>

**Воронцова Татьяна Николаевна** — д-р мед. наук, руководитель организационно-методического отдела, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4594-6655>

**Корнилов Николай Николаевич** — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург; доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>

## AUTHORS' INFORMATION:

**Taras A. Kulyaba** — Dr. Sci. (Med.), Head of the Knee Pathology Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3175-4756>

**Sergei A. Bantser** — Cand. Sci. (Med.), Lecturer, Chair of Traumatology and Orthopedics, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7291-7032>

**Pavel A. Trachuk** — Doctor, Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4442-5381>

**Tatyana N. Vorontsova** — Dr. Sci. (Med.), Head of Organization and Methodological Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4594-6655>

**Nikolai N. Kornilov** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chair of Traumatology and Orthopedics, Head of Knee Surgery Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Assistant Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>

## Фемороацетабулярный импинджмент: естественная история

А.П. Серeda

Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

### Реферат

Эта обзорная статья посвящена естественной истории течения фемороацетабулярного импинджмента (ФАИ) тазобедренного сустава. Рассматривается эволюция пониманий и взглядов хирургов на первичный (идиопатический) артроз и отмечается, что на современном этапе первичный артроз на самом деле практически всегда имеет те или иные причины своего развития в виде анатомических вариаций, среди которых — cam- и pincer-деформации, приводящие к импинджменту. Оказалось, что в большинстве крупных работ была доказана достоверная причинно-следственная связь cam-ФАИ не только с артрозом, но и с риском эндопротезирования. Связь pincer-ФАИ с артрозом оказалась неоднозначной. При этом течение ФАИ-артроза, по всей видимости, оказывается не таким агрессивным, как, например, диспластического артроза, и реже требует эндопротезирования. Поскольку cam-ФАИ является достоверным фактором риска артроза и эндопротезирования, то можно было бы предположить, что своевременная хирургическая коррекция ФАИ позволит остановить или замедлить артроз и избежать эндопротезирования. Однако в настоящее время это предположение не доказано, соответственно, нет оснований утверждать, что операция по поводу ФАИ как-либо влияет на его естественную историю в виде конечного исхода тяжелого артроза и эндопротезирования.

**Ключевые слова:** фемороацетабулярный импинджмент, cam-ФАИ, pincer-ФАИ, коксартроз, эндопротезирование тазобедренного сустава.

doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-182-192

## Femoroacetabular Impingement: A Natural History

A.P. Sereda

Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

### Abstract

This review article is devoted to the natural course of hip femoroacetabular impingement (FAI). The evolution of the understanding and views of surgeons on primary (idiopathic) arthrosis are considered. It is noted that nowadays, the primary arthrosis in fact almost always arises from anatomical variations. Among those are cam- and pincer-deformities, leading to impingement. In most of the major works, a reliable causal relationship of cam-FAI with arthrosis has been proven. Moreover, cam-FAI also carries the risk of impending arthroplasty. The association of pincer-FAI with arthrosis has been controversial. The course of FAI arthrosis, most likely, is not as aggressive as, for example, dysplastic arthrosis, and less often requires arthroplasties. Since cam-FAI is a reliable risk factor for arthrosis and arthroplasty, it could be assumed that timely surgical correction of FAI would stop or slow down arthrosis and avoid arthroplasty. However, at present, this assumption has not been proven, therefore, there is no reason to assert that surgery for FAI in any way affects its natural history in the form of severe arthrosis following by arthroplasty.

**Keywords:** femoroacetabular impingement, cam-FAI, pincer-FAI, coxarthrosis, hip arthroplasty.

Серeda А.П. Фемороацетабулярный импинджмент: естественная история. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):182-192. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-182-192.

**Cite as:** Sereda A.P. [Femoroacetabular Impingement: A Natural History]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(3):182-192. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-182-192.

Серeda Андрей Петрович / Andrey P. Sereda; e-mail: drsereda@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 16.10.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 19.02.2020.

## Эволюция взглядов

Дебаты и исследования по этиологии коксартроза, несмотря на долгую историю работ, не прекращаются. Обычно выделяют:

- Первичный (идиопатический) артроз, не имеющий причины.
- Вторичный артроз, развивающийся по какой-либо известной причине. Точнее будет сказать, в связи с той причиной, причинно-следственная связь артроза с которой доказана.

Впервые импинджмент тазобедренного сустава и его связь с коксартрозом (тогда его называли *malum coxae senilis*) были описаны M.N. Smith-Peterson в 1936 г. Тогда предполагалось, что гиалиновый хрящ и субкортикальная кость не имеют ноциорецепторов, и болевые проявления импинджмента шейки и переднего края вертлужной впадины обусловлены интерпозицией синовиальной оболочки. M.N. Smith-Peterson с успехом выполнял периацетабулярную остеотомию при болевом импинджменте у пациентов не только с коксартрозом (*malum coxae senilis*), но и с последствиями эпифизеолиза. Помимо этого, он выполнял операции и при «внутритазовой протрузии вертлужных впадин», в последнем случае он не говорил об импинджменте [1], хотя, с современной точки зрения, в таком случае можно говорить о *pincer*-типе импинджмента.

Еще в 1933 г. R. Elmslie отметил: «...хотя некоторые причины развития коксартроза хорошо известны, во многих случаях при болезни не удастся увидеть соответствующих причин... Но если мы видим артроз у человека моложе 40–50 лет, то у него до этого была какая-то неизвестная деформация» [2]. Особенное внимание R. Elmslie уделял *coxa plana*, которая, по его мнению, в молодом возрасте запускает цепочку биомеханических нарушений и приводит к раннему артрозу. Логично предположить, что любые биомеханические отклонения будут способствовать развитию артроза, а не только дисплазия *coxa plana*.

Авторам четырех работ, опубликованных с 1947 по 1961 г., не удалось обнаружить рентгенологических причин развития артроза в 24,3–65,0% случаев [2, 3, 4, 5]. Однако в 1965 г. R. Murray еще раз подверг сомнению концепцию первичного артроза, предположив, что первичный артроз фактически вторичен на фоне минимальных анатомических вариаций, «таких небольших, что даже их рентгенологическое присутствие может трактоваться как норма». Также R. Murray ввел термин «наклонная деформация головки», описывая ее как варусный наклон головки по отношению к укороченной шейке и ремоделиацию латеральных секторов головки. При детальном повторном осмотре 200 рентгенограмм он утверждал, что

65% случаев первичного артроза были на самом деле следствием имевшихся асимптомных анатомических отклонений (25,5% — дисплазия и 39,5% — наклонная деформация). Возможными причинами наклонной деформации головки R. Murray полагал раннее закрытие зон роста, малые травмы, транзистентный синовит, малый эпифизеолиз (табл.) [6].

Предположения R. Murray были поддержаны в трех работах 1970-х гг. В 1974 г. S. Stulberg и W. Harris обнаружили малые формы ацетабулярной дисплазии у более чем 40% пациентов с «идиопатическим» артрозом [7]. В 1975 г. S. Stulberg с соавторами описали «деформацию по типу рукоятки пистоля» (по сути — аналог термина «наклонная деформация головки», введенного R. Murray [6]) [8]. При повторном просмотре 75% рентгенограмм с первичным артрозом дисплазия была обнаружена в 39% случаев, а деформация по типу рукоятки пистоля — в 40%. И наконец, в 1976 г. L. Solomon утверждал, что артроз всегда вторичен на фоне какой-либо причины (не обнаружено им только у 27 пациентов из 327, при этом он полагал, что и в этих случаях все равно есть отклонения, просто они еще не известны) [9].

До середины 1970-х гг. главенствовала теория механического конфликта (ввиду деформации вертлужной впадины и/или головки), как основного патомеханизма большинства болей в тазобедренном суставе с артрозом или без него. Однако связь между собственно артрозом и биомеханическими нарушениями, описанными в фундаментальных работах S. Stulberg [7], L. Solomon [9] и R. Murray [6], все-таки не была достаточно изучена: ведь авторы только описывали деформации, имевшиеся при артрозе, но это не означает, что они предшествовали артрозу и уж тем более стали его причиной. В связи с этим в 1976 г. D. Resnick предположил, что описанная ранее R. Murray [6] «наклонная деформация головки» может быть следствием артроза, а не его причиной [10].

В 1980–1990-х гг. появилось много работ, посвященных разрывам вертлужной губы, но роль вертлужной губы в нормальном и пораженном артрозом суставах была не изученной. В большинстве случаев причиной разрыва губы считали травму [11], а разрывы без очевидной травмы рассматривались как предпосылки к артрозу [12, 13, 14]. С развитием артроскопии диагностика и внимание к разрывам губы укрепились [15], и стали появляться работы, в которых регистрировалась связь разрыва губы с повреждением хряща (N. Santori, R.N. Villar [16] и L. Farjo с соавторами [17] сообщали, что до 95% случаев разрыва губы сопровождалось повреждениями хряща). Впрочем, по-прежнему причинно-следственная связь между ними оставалась неясной.

В 2001 г. J. McCarthy с соавторами [18] в результате кадаверных исследований предположили, что разрыв губы изменяет биомеханику сустава, приводит к дегенерации хряща и к артрозу. Однако и это утверждение носило предположительный характер.

В конце 1990-х и начале 2000-х гг. наступила эра широкого распространения качественных МРТ, позволяющих визуализировать тазобедренный сустав, включая детальную оценку гиалинового хряща, губы и патологию изменений в области перехода головки в шейку, что особенно важно именно при фемороацетабулярном импинджменте (ФАИ) [19]. Но и достижения МРТ не позволяли понять этиопатогенез [20]. Только с появлением методики безопасного вывиха головки бедренной кости в тот же времен-

ной период стала возможна полноценная оценка биомеханики и визуализации релевантных изменений. В результате был окончательно сформулирован этиопатогенез, связывающий малые биогеометрические деформации с болью, снижением амплитуды движений и повреждением гиалинового хряща и вертлужной губы [21] и доказывающих причинно-следственную связь между ФАИ и артрозом [22, 23]. Особенно важна и примечательна в этом ряду работа 2003 г. R. Ganz с соавторами, которую они так и назвали: «Фемороацетабулярный импинджмент — причина артроза тазобедренного сустава», основываясь на своем опыте наблюдения за более чем 600 пациентами, которым выполнялся хирургический вывих по поводу импинджмента при недиспластичном суставе [24].

Таблица 1

**Эволюция терминологии и понимания этиопатогенеза ФАИ и артроза**

Год	Автор	Идея / термин
1935–1936	M.N. Smith-Peterson [1]	Импинджмент тазобедренного сустава (M.N. Smith-Peterson впервые ввел этот термин. Работа M.N. Smith-Peterson незаслуженно практически не упоминается в обзорных публикациях)
1965	R.O. Murray [6]	Наклонная деформация головки. Биогеометрия — причина артроза Первичный артроз в 65% случаев на самом деле вторичен на фоне малых изменений биогеометрии
1975	S.D. Stulberg с соавт. [8]	Деформация по типу рукоятки пистоля
1976	L. Solomon [9]	Артроз всегда вторичен и встречается только в тех суставах, с которыми сначала случаются другие проблемы
1976	D. Resnick [10]	Описаны соударения остеофитов головки, шейки и вертлужной впадины при движениях Отрицается роль импинджмента как причины артроза
1991	K. Klaue с соавт. [25]	Синдром края вертлужной впадины» — всегда есть отрыв вертлужной губы, может быть <i>os acetabuli</i> . Авторы выделили два типа синдрома: 1 тип — неконгруэнтная «мелкая» впадина, 2 тип — конгруэнтная впадина с дефицитом покрытия
1991	R. Ganz с соавт. [26]	Цервико-ацетабулярный импинджмент
1999	S.R. Myers с соавт. [23]	Послеоперационный ФАИ — впервые ФАИ описывается как самостоятельная нозология на примере пациентов, перенесших периацетабулярную остеотомию
2001	K. Ito с соавт. [27]	Сам-тип фемороацетабулярного импинджмента
2003	J. Parvizi и R. Ganz [28]	ФАИ — одна из причин артроза
2005	M. Leunig и R. Ganz [29]	ФАИ бывает pincer- и sam-типа



С середины 2000-х гг. число публикаций по проблеме ФАИ серьезно увеличилось [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36]. С.Л. Peters и J.A. Erickson [36] среди своих 30 пациентов, которым выполнялся хирургический вывих бедра, в 26 случаях обнаружили повреждение губы или близлежащего гиалинового хряща в области передне-верхнего квадранта вертлужной впадины. М. Tannast с соавторами показали [37], что интраоперационные размеры и степень повреждения хряща оказываются большими, чем при предоперационном планировании, что подчеркивало недооцененность проблемы [20].

Концепция повреждения гиалинового хряща при импинджменте не уникальна для тазобедренного сустава. Например, еще в 1957 г. D. O'Donoghue [38] сообщил об импинджменте экзостоза таранной кости с большеберцовой костью. И хотя этот импинджмент располагается

вне зоны сустава, он приводит к повреждению хряща за счет изменения биомеханики и повышения внутрисуставного давления. Аналогичную мысль применительно к тазобедренному суставу высказывал G.T. Rab [39]: при компьютерном моделировании движений в тазобедренном суставе с последствиями эпифизиолиза (при имеющейся деформации по типу рукоятки пистоля) он обнаружил значительное увеличение внутрисуставного давления.

Сейчас принято выделять три этиопатогенетических типа ФАИ: *cam*-тип, *pincer*-тип и смешанный тип (рис.). Считается, что доклинический *cam*-тип развивается еще в детском возрасте и прогрессирует по мере роста кости, а после закрытия зон роста прогрессирует адаптивная деформация головки и шейки [40]. *Pincer*-тип характеризуется сферичной гиперпокрытой головкой.

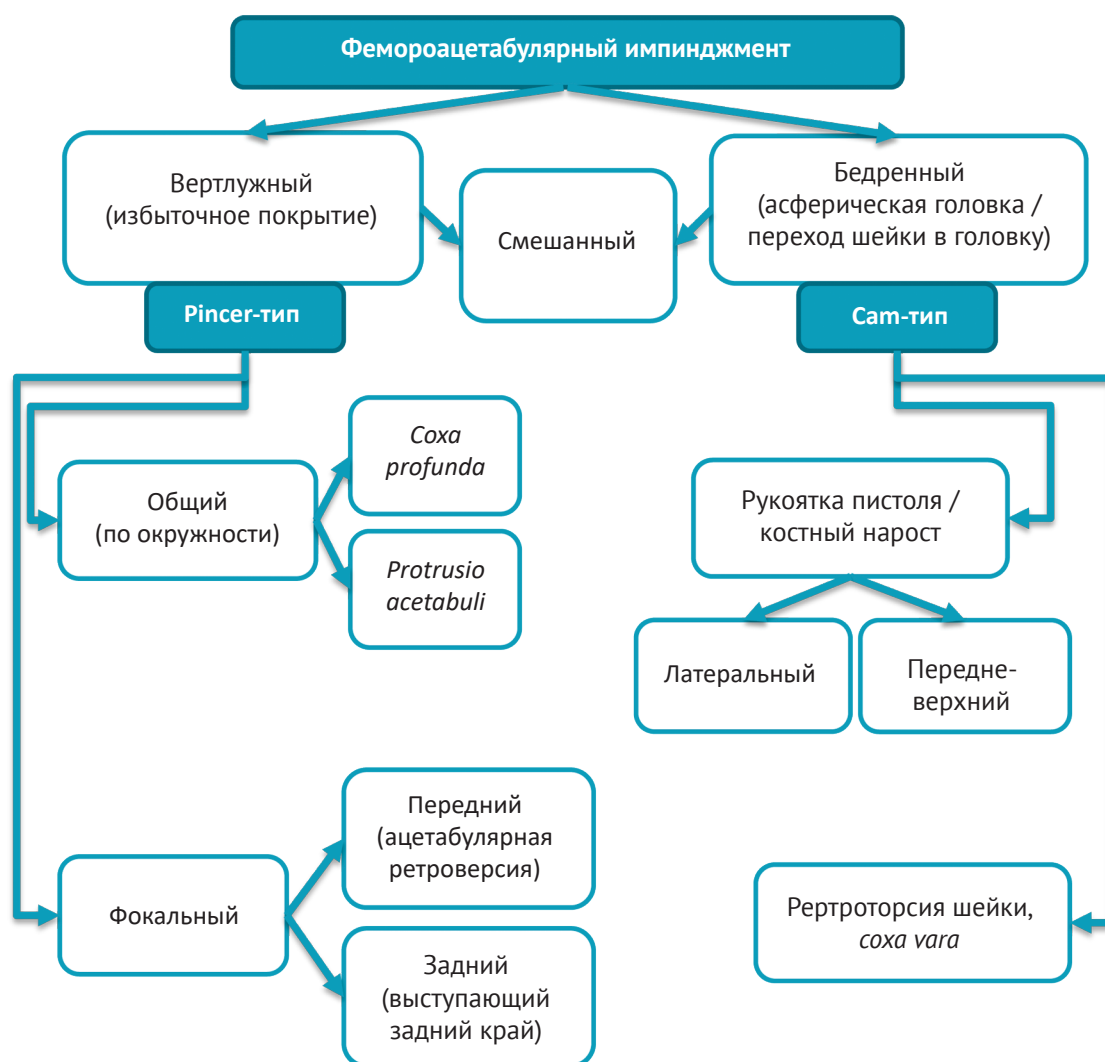


Рис. Классификация ФАИ по P. Banerjee и C.R. McLean [41] с изменениями

Fig. FAI classification by Banerjee P. and McLean C.R. [41], modified by the author

На современном этапе предположение 1933 г. R. Elmslie [2] о том, что любой «идиопатический» артроз все же имеет причину, а если мы ее обнаруживаем, то только потому, что еще не знаем о ней, иллюстрируется работой J.C. Clohisy с соавторами [42]. При первичной оценке рентгенограмм пациентов перед эндопротезированием в 48% случаев имелась ацетабулярная дисплазия, в 10% — последствия болезни Пертеса, в 6% — последствия эпифизеолиза, в 36% поводом к эндопротезированию звучал «идиопатический» коксартроз. Однако при детальной оценке этих «идиопатических» случаев оказалось, что в 63% из них имел место сам-тип ФАИ, в 6% — pincer-тип ФАИ и в 29% имел место смешанный тип ФАИ. Только в менее чем 1% случаев от всего числа пациентов причину артроза авторам установить не удалось [42]. Считаем важным отметить, что это исследование выполнялось среди пациентов младше 50 лет, и процент по настоящему идиопатических артрозов у старших пациентов будет наверняка большим.

Подробное освещение рентгенологических индексов, критериев, особенностей и различий повреждений при разных типах ФАИ не является темой нашей работы, поэтому мы сосредоточимся на естественной истории. В любом случае причины и патогенез сам- и pincer-типов ФАИ различны, и, вероятно, различно и их естественное течение. Поэтому и рассматривать их нужно отдельно.

Изучение естественной истории течения ФАИ возможно в двух типах наблюдательных исследований: в когортных и в исследованиях случай-контроль [43]. Первые — весьма продолжительны по времени, но дают большее понимание именно причинно-следственной связи между исходными анатомическими вариациями и конечным исходом (эндопротезированием).

### Естественное течение сам-типа ФАИ

Нам удалось обнаружить два когортных исследования, изучавших связь между сам-типом импинджмента и развитием артроза.

В продолжавшееся 20 лет в Великобритании исследование Chingford-1000 были включены 1003 женщины, которым выполняли рентгенограммы на втором году включения в исследование и на двадцатом [44]. Сам-деформацию оценивали по альфа-углу и по треугольному индексу. Обращаем внимание читателей, что это не тот же альфа-угол, который измеряется у детей для оценки дисплазии: методика оценки этих критериев ФАИ по рентгенограммам описана в работах K.K. Gosvig [45] и H.P. Notzli [46]. Оказалось, что и альфа-угол, и треугольный индекс имеют сильную связь с развитием рентгенологического артроза и с эндопротезированием. Увеличение альфа-угла на каждый

дополнительный градус после 65° приводит к росту риска рентгенологического артроза на 5% и к росту риска эндопротезирования на 4% по истечении 20 лет.

Помимо сам-ФАИ в Chingford-1000 [44] изучали и дисплазию. Интересно отметить, что сам-импинджмент — меньший по силе предиктор артроза и эндопротезирования, чем дисплазия, которая также изучалась Chingford-1000. Так, снижение угла LCE при дисплазии на каждый градус (при значениях меньше 28°) приводило к росту риска артроза на 13%, а эндопротезирования — на 18%.

Результаты исследования Chingford-1000 [44] заставляют задумываться еще и о том, что артрозы разного генеза дают разную интенсивность боли. Как мы видим, каждый градус дисплазии приводит к росту риска артроза на 13%, а эндопротезирования — еще больше, на 18%. То есть диспластический артроз больше «болевым» и чаще приводит к эндопротезированию при имеющихся «рентгенологических показаниях» к эндопротезированию.

Здесь мы можем предположить, что сам-импинджмент, напротив, менее «болевым», и реже приводит не просто к рентгенологическому артрозу, но еще и реже требует эндопротезирования (на 5% и 4% соответственно при каждом увеличении альфа-угла на один градус), по данным Chingford-1000 [44].

В исследование CHECK были включены 865 пациентов с начальным клиническим артрозом и сам-ФАИ в возрасте 45–65 лет [47]. На стартовых рентгенограммах диагноз ФАИ и коксартроза был у 75% пациентов, а у оставшихся 25% он был сомнителен. Рентгенограммы повторяли через два года и пять лет, каждый раз измеряя альфа-угол. Через пять лет конечные стадии артроза по Kellgren и Lawrence развились у 2,76% пациентов. Умеренное (>60°) и тяжелое (>83°) увеличение альфа-угла приводило к значительному росту риска эндопротезирования (относительный риск 3,67 и 9,66 соответственно). Комбинация больших значений альфа-угла и ограничения внутренней ротации приводили к колоссальному росту относительного риска (25,2), и через пять лет у 52,6% таких «комбинированных» пациентов имели конечные стадии артроза.

В 2017 г. С.С. Wyles с соавторами опубликовали интересную работу, которая по своему дизайну является одновременно и когортной, и исследованием «случай-контроль» [48]. При скрининге 226 асимптомных спортсменов в возрасте от 12 до 18 лет авторы обнаружили ограничение внутренней ротации в положении сгибания на 90° как минимум одного из двух бедер у 13 спортсменов (21 сустав из 26 имел ограниченную внутреннюю ротацию). В группу контроля вошли

13 спортсменов, подобранных по полу и возрасту. На старте и через пять лет выполнялись рентгенограммы и МРТ. Оказалось, что те или иные признаки сам-ФАИ (костные, хрящевые, повреждения суставной губы) на стартовых рентгенограммах и МР-томограммах имелись в 62% случаев в группе «случай» и в 31% в группе «контроль». Средний альфа-угол в группе «случай» составил 58°; в группе «контроль» — 44°. Через пять лет те или иные отклонения на МРТ отмечались уже у 95% человек в группе «случай» и у 54% группы «контроль», при этом появление новых или прогрессирование ранее имевшихся отклонений на МРТ имело место у 58% человек группы «случай» и только у 30% группы «контроль».

Другие современные исследования «случай-контроль» также доказывают связь сам-ФАИ и артроза. Например, К.К. Gosvig с соавторами при изучении рентгенограмм 3620 пациентов (симптомных и асимптомных) со средним возрастом 60 лет обнаружили признаки сам-ФАИ (деформация по типу рукоятки пистоля) у 24,2% мужчин и у 5,4% женщин (критерий — треугольный индекс больше 0 мм) [49]. Артроз (сужение суставной щели  $\leq 2$  мм) из числа пациентов с деформацией по типу рукоятки пистоля при этом был у 15,2% мужчин и у 12,5% женщин. Связь была статистически значимой как с рентгенологическими критериями артроза, так и с клиническими.

Еще в одной работе С.С. Wyles с соавторами изучали 162 пациентов моложе 55 лет (средний возраст — 47 лет), которым выполнялось эндопротезирование одного тазобедренного сустава при отсутствии дегенеративных изменений в другом суставе [50]. На протяжении в среднем 20 лет (min — 10 лет, max 35 лет) авторы изучали динамику контралатерального, неоперированного сустава. Признаки дисплазии были у 48 пациентов, ФАИ — у 74 пациентов, у 40 пациентов сустав не имел анатомических вариаций. К концу наблюдения эндопротезирование контралатерального сустава потребовалось 33,3% пациентов с дисплазией (16 из 48), 17,6% пациентам с ФАИ (13 из 74) и 15% с суставом, изначально не имевшим анатомических вариаций (6 из 40).

Мы подробно проанализировали исходные данные работы С.С. Wyles с соавторами [50] и можем предположить, что течение ФАИ-артроза менее агрессивное и почти в два раза реже требует эндопротезирования, чем дисплазия. Более того, частота эндопротезирования при ФАИ в конечном итоге оказалась такой же, как и при суставе без анатомических вариаций ( $p = 0,7979$  по нашим подсчетам). Таким образом, можно предположить, что хоть ФАИ и является достоверным фактором риска артроза, но не является достоверным фактором риска эндопротезирования.

Сами авторы исследования делают практически аналогичный вывод о том, что естественное течение ФАИ-артроза не отличается от естественного течения артроза сустава без изначальных анатомических вариаций в отличие от дисплазии, при которой прогрессирование дегенерации происходит наиболее быстро и агрессивно [50].

Таким образом, можно предположить, что хирургическая коррекция сам-ФАИ и возврат сустава к нормальной анатомии не повлияет на конечный исход в виде эндопротезирования, так как естественное течение артроза при сам-ФАИ и у изначально нормального сустава одинаково. При этом также нужно иметь в виду, что неизвестна релевантность этой гипотезы применительно к нередко встречающимся пациентам с сам-ФАИ с высокой физической активностью, ведь в исследовании С.С. Wyles с соавторами вошли пациенты с протезированным контралатеральным суставом [50].

Если имеет место сочетание дисплазии и сам-ФАИ, то прогрессирование артроза становится еще более стремительным, чем при изолированной дисплазии [50].

В других работах связь сам-ФАИ и артроза вообще отрицается. Например, L.A. Anderson с соавторами не обнаружили статистически значимой связи при обследовании 547 пациентов [51].

### Естественное течение pincer-типа ФАИ

Данные по естественному течению pincer-ФАИ более скудны и менее однозначны, чем по сам-ФАИ. В некоторых работах доказывается связь между pincer-ФАИ и артрозом, а в других работах, наоборот, говорится об отсутствии связи или даже о «защитном» влиянии pincer на сустав.

Причиной этих разногласий, возможно, является и то, что до сих пор у нас нет четкого понимания и критериев, что же можно считать pincer-ФАИ. Фактически в этот собирательный диагноз сейчас могут входить весьма разнородные пациенты с вариациями от тотального гиперпокрытия головки до изолированной ретроверсии вертлужной впадины [52].

В уже упомянутом нами 20-летнем исследовании Chingford-1000 [44] авторы изучали и pincer-ФАИ, для оценки которого измерялись угол Виберга [53] и индекс экстррузии головки [54, 55]. Чем больше угол Виберга и, наоборот, чем меньше индекс экстррузии, тем больше выражен pincer-ФАИ. Оказалось, что связь между высокими значениями угла Виберга ( $>33,7^\circ$ ), низкими значениями индекса экстррузии и развитием артроза отсутствует (при оценке рентгенограмм на втором году исследования увеличение угла Виберга на каждый градус свыше  $33,7^\circ$  давало ОР артроза 0,98;  $p = 0,746$ , а сни-

жение индекса экструзии на 1SD давало ОР артроза 1,15;  $p = 0,553$  к двадцатому году наблюдения) [44].

В когортном исследовании СНЕСК не просто не было обнаружено связи между высокими значениями угла Виберга ( $>40^\circ$ ), угла АСЕ ( $>40^\circ$ ) и риском развития артроза, а даже было, наоборот, обнаружено, что одновременно высокие значения угла Виберга и АСЕ в три раза снижают риск развития конечной стадии артроза (ОР 0,34;  $p = 0,025$ ) на протяжении пяти лет [56].

В других работах связь *pincer*-ФАИ и артроза доказывалась. К.К. Gosvick с соавторами обнаружили, что угол Виберга  $>45^\circ$  увеличивает риск артроза почти в два с половиной раза (ОР 2,4) [49].

Ретроверсия вертлужной впадины — еще одно состояние, которое относят к *pincer*-ФАИ. W.Y. Kim с соавторами по результатам измерения ретроверсии на КТ обнаружили ее корреляцию с артрозом [57]. N.J. Giori с соавторами сообщают, что среди пациентов, поступающих на эндопротезирование, ретроверсия встречается в 4 раза чаще по сравнению с контрольной группой пациентов без артроза [58].

В уже упомянутом нами исследовании С.С. Wyles с соавторами со средним сроком наблюдения в 20 лет ретроверсия, малый индекс экструзии головки ( $\leq 0,25$ ), *coxa profunda* или *protrusio acetabuli* не были достоверно связаны с прогрессией артроза (для каждого из параметров в отдельности) [50].

В другой своей недавней обзорной работе 2019 г. С.С. Wylie с соавторами [52] говорят о том, что увеличенный угол Виберга снижает риск развития артроза и эндопротезирования, ссылаясь на работу 2011 г. J.C. Clohisey с соавторами [42], но мы не можем согласиться с их трактовкой, так как в при детальном ознакомлении с работой J.C. Clohisey с соавторами можно увидеть, что, по их данным, риск эндопротезирования был выше в группе пациентов со средним углом Виберга в  $21,1 \pm 7,3^\circ$  по сравнению с углом Виберга  $28,3 \pm 8,7^\circ$  в группе пациентов, которым не требовалось эндопротезирование ( $p < 0,001$ ). С трудом можно говорить о том, что угол Виберга  $28,3 \pm 8,7^\circ$  — это *pincer*-ФАИ.

### Можем ли мы повлиять на течение артроза при ФАИ?

Чаще оперируется *cam*-ФАИ, а не *pincer*-ФАИ по очевидным причинам более легкого возврата к нормальной анатомии при *cam*. Публикаций по изучению ближайших результатов коррекции *cam*-ФАИ весьма много, и мы не будем на них останавливаться, так как это выходит за рамки этой работы.

Во многих исследованиях, изучавших причинно-следственное влияние *cam*-ФАИ на развитие артроза, в своих выводах авторы высказывают мысль о том, что *cam*-ФАИ — модифицируемый

фактор, и если таких пациентов оперировать, то мы замедлим развитие артроза [24, 47, 49].

Однако такое предположение при всей его логической очевидности нуждается в доказательствах: несмотря на то, что в большинстве работ связь между *cam*-ФАИ и артрозом все-таки оказывается значимой, мы не имеем убедительных доказательств, что хирургическая коррекция *cam*-ФАИ как-то положительно влияет на течение артроза и на вероятность эндопротезирования. Работ по изучению влияния коррекции *cam*-ФАИ на течение артроза немного.

Р.Е. Beaulé с соавторами сейчас проводят продолжающееся исследование 10 пациентов, которым выполнялась коррекция *cam*-ФАИ. Предварительные результаты 2017 г. [59] и 2018 г. [60] показывают нормализацию ряда биохимических и инструментальных параметров хряща и субхондральной кости после операции.

В 2019 г. D.I. Rhon с соавторами сообщили о результатах операций 1870 пациентов (средний возраст на момент операции — 32,2 года), прооперированных по поводу ФАИ без артроза [61]. Результаты через два года в контексте конкретики выполненной операции были прослежены у 1269 пациентов. Оказалось, что на риск развития артроза не влияла феморопластика по поводу *cam*-ФАИ ( $p = 0,153$  при сравнении частоты феморопластик в группе с исходом в виде артроза и без него), также не влияла ацетабулопластика ( $p = 0,412$ ) и реконструкция губы ( $p = 0,228$ ), а в целом артроз через два года после коррекции ФАИ развился у 22% от всех пациентов. Недостатком этого исследования, на наш взгляд, является ретроспективный характер, набор пациентов по кодам операций, вероятно, гиподиагностика артроза на момент операции и отсутствие сравнения с группой неоперированных пациентов с ФАИ, так что мы по-прежнему не знаем, позволила ли операция повлиять на скорость развития артроза.

Еще в одном исследовании 2019 г. Е. Honda с соавторами сообщают о результатах артроскопического лечения *cam*-ФАИ у 84 пациентов [62]. В среднем через 32 мес. после операции эндопротезирование потребовалось 0% пациентов в группах моложе 50 лет и старше 70 лет, а 17% пациентов в возрасте 50–69 лет перенесли эндопротезирование и у 33% пациентов этой возрастной группы артроз прогрессировал. Авторы делают вывод о том, что артроскопическая коррекция *cam*-ФАИ у пациентов старше 70 лет не имеет риска прогрессирования артроза после артроскопической операции.

Впрочем, результаты Е. Honda с соавторами [62] нужно рассматривать и через призму того, что если у конкретного пациента есть склонность к развитию артроза, требующего эндопротезирования,

то он и оперируется раньше 70-летнего возраста, а пациентам, имеющим клинически невыраженный артроз к 70 годам, часто достаточно консервативных мероприятий и в целом у них артроз неагрессивный и мало прогрессирующий.

Поэтому и эта работа нам не дает ответа на вопрос о влиянии коррекции *cam*-ФАИ на течение артроза в целом, а благодаря операции мы имеем только улучшение краткосрочных и среднесрочных клинических результатов.

Работ по коррекции *pincer*-ФАИ намного меньше, чем по *cam*. Нам удалось обнаружить только публикации S.Y. Poh с соавторами (описана артроскопическая техника операции) [63], J.W. Byrd и K.S. Jones (19 пациентов) [64], С.М. Larson с соавторами (18 пациентов) [65], А.А. Krych с соавторами (5 пациентов) [66] и Т.]. Jackson с соавторами (19 пациентов) [67]. Все эти работы имеют непродолжительный период наблюдения (1–4 года) и не сосредоточены на оценке конечных исходов (конечные стадии артроза, эндопротезирование).

Таким образом, вопрос о том, влияет ли хирургическая коррекция *pincer*-ФАИ на течение артроза также остается открытым, и мы надеемся, что будущие исследования дадут нам ответ.

Понятие идиопатического артроза тазобедренного сустава постепенно уходит в прошлое. На самом деле в подавляющем большинстве случаев при «идиопатическом» артрозе можно обнаружить те или иные анатомические вариации, которые можно считать отклонением от нормы, ведь в большинстве работ была доказана связь биогеометрических характеристик *cam*- и *pincer*-ФАИ с развитием артроза.

Среди анатомических вариаций в последнее время становится все более актуальным вопрос гиподиагностики малых форм эпифизеолиза у детей, который впоследствии приводит к деформации по типу рукоятки пистоля и к *cam*-ФАИ.

В когортных исследованиях доказана корреляция рентгенологических индексов и углов, характерных для *cam*-ФАИ, с риском эндопротезирования. В связи с этим многие авторы высказывают мысль о том, что коррекция *cam*-ФАИ — это не просто хирургия облегчения боли и улучшения функции, но и действительно операция, позволяющая сохранить сустав и снизить риск эндопротезирования. Однако последнее предположение пока только теоретическое. На наш взгляд, многие хирурги, особенно занимающиеся сустав-сохраняющей хирургией тазобедренного сустава, склонны оценивать ФАИ слишком драматично, как неизбежный предиктор последующего эндопротезирования.

При этом можно предположить, что *cam*-ФАИ артроз менее агрессивен, чем диспластический артроз, и реже требует эндопротезирования даже при рентгенологических показаниях к операции. Это обстоятельство очень важно в контексте порой вынужденного принятия решения об операции эндопротезирования дистанционно. Не секрет, что пациент с *cam*-ФАИ и артрозом обращается с жалобами на боль в поликлинику или региональную небольшую больницу, далее по рентгенограммам обнаруживается артроз и пациента направляют на эндопротезирование по квоте, и тут возможен риск принятия положительного решения без очной оценки интенсивности боли, реального снижения качества жизни и эффективности консервативных мероприятий. По крайней мере в своей клинической практике мы неоднократно встречали таких пациентов с *cam*-ФАИ артрозом с невыраженной на самом деле болью, которых направляли на эндопротезирование, основываясь на рентгенологической картине.

В связи с этим мы видим перспективу исследований, изучающих качество жизни пациентов до эндопротезирования по релевантным шкалам в зависимости от генеза артроза (диспластический, *coxa profunda* и т.д.). Вероятно, это позволит провести некоторую корреляцию между «рентгенологическими показаниями» и реальными клиническими показаниями.

Хирургическая коррекция ФАИ (*cam* и *pincer*) позволяет улучшить качество жизни пациентов, особенно молодой и старшей возрастных групп и без артроза или при начальном артрозе. Однако нет никаких убедительных доказательств того, что хирургическая коррекция ФАИ как-то влияет на течение артроза в целом по риску развития конечных стадий артроза и эндопротезирования. Существующие исследования по этому вопросу имеют непродолжительный период наблюдения и малое число пациентов, но даже в них не удается пока увидеть однозначного оптимизма по поводу того, что, прооперировав ФАИ, мы остановим артроз.

Для ответа на эти вопросы нужны дополнительные хорошо спланированные исследования.

**Источник финансирования:** без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

### Литература [References]

1. Smith-Petersen M.N. The classic: Treatment of malum coxae senilis, old slipped upper femoral epiphysis, intrapelvic protrusion of the acetabulum, and coxa plana by means of acetabuloplasty. 1936. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(3):608-615. doi: 10.1007/s11999-008-0670-0.

2. Elmslie R.C. Remarks on Aetiological Factors in Osteo-Arthritis of the Hip-Joint. *Br Med J.* 1933;1(3757):[1]-3, 46-1.
3. Lloyd-Koberts G.C. Osteoarthritis of the hip; a study of the clinical pathology. *J Bone Joint Surg Br.* 1955;37-B(1):8-47.
4. Adam A., Spence A. Intertrochanteric osteotomy for osteoarthritis of the hip: a review of fifty-eight operations. *J Bone Joint Surg Br.* 1958;40-B(2): 219-226.
5. Nicoll E.A., Molden N.T. Displacement osteotomy in the treatment of osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1961;43(1):50-60.
6. Murray R.O. The aetiology of primary osteoarthritis of the hip. *Br J Radiol.* 1965;38(455):810-824. doi: 10.1259/0007-1285-38-455-810.
7. Stulberg S., Harris W. Acetabular dysplasia and development of osteoarthritis of the hip. In: *The hip: Proceedings of the Second Open Scientific Meeting of the Hip Society.* St. Louis; Mosby, 1974. p. 82-93.
8. Stulberg S., Cordell L. Harris W., Ramsey P.L., MacEwen G.D. Unrecognized childhood hip disease: a major cause of idiopathic osteoarthritis of the hip. In: *The hip: Proceedings of the Third Meeting of the Hip Society.* St. Louis; Mosby, 1975. p. 212-228.
9. Solomon L. Patterns of osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1976;58(2):176-183.
10. Resnick D. The «tilt deformity» of the femoral head in osteoarthritis of the hip: a poor indicator of previous epiphysiolysis. *Clin Radiol.* 1976;27(3):355-363. doi: 10.1016/s0009-9260(76)80089-x.
11. Fitzgerald R.H. Jr. Acetabular labrum tears. Diagnosis and treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;311: 60-68.
12. Altenberg A.R. Acetabular labrum tears: a cause of hip pain and degenerative arthritis. *South Med J.* 1977;70(2):174-175.
13. Ueo T., Hamabuchi M. Hip pain caused by cystic deformation of the labrum acetabulare. *Arthritis Rheum.* 1984;27(8):947-950. doi: 10.1002/art.1780270817.
14. Currier B.L. Fitzgerald R.J. Acetabular labrum tears of the hip. Transaction of the AAOS 55<sup>th</sup> Annual Meeting. Atlanta. 1988.
15. Ikeda T., Awaya G., Suzuki S., Okada Y., Tada H. Torn acetabular labrum in young patients. Arthroscopic diagnosis and management. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70(1):13-16.
16. Santori N., Villar R.N. Acetabular labral tears: result of arthroscopic partial limbectomy. *Arthroscopy.* 2000;16(1):11-15. doi: 10.1016/s0749-8063(00)90121-x.
17. Farjo L.A., Glick J.M., Sampson T.G. Hip arthroscopy for acetabular labral tears. *Arthroscopy.* 1999;15(2):132-137. doi: 10.1053/ar.1999.v15.015013.
18. McCarthy J.C., Noble P.C., Schuck M.R., Wright J., Lee J. The watershed labral lesion: its relationship to early arthritis of the hip. *J Arthroplasty.* 2001;16(8 Suppl 1):81-87. doi: 10.1054/arth.2001.28370.
19. Leunig M., Werlen S., Ungersböck A., Ito K., Ganz R. Evaluation of the acetabular labrum by MR arthrography. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(2):230-234. doi: 10.1302/0301-620x.79b2.7288.
20. Marín-Peña O. Femoroacetabular impingement. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag; 2012. 274 p. doi: 10.1007/978-3-642-22769-1.
21. Ganz R., Gill T.J., Gautier E., Ganz K., Krügel N., Berlemann U. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(8):1119-1124. doi: 10.1302/0301-620x.83b8.11964.
22. Leunig M., Casillas M.M., Hamlet M., Hersche O., Nötzli H., Slongo T. et al. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand.* 2000;71(4):370-375. doi: 10.1080/000164700317393367.
23. Myers S.R., Eijer H., Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(363):93-99.
24. Ganz R., Parvizi J., Beck M., Leunig M., Nötzli H., Siebenrock K.A. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;(417):112-120. doi: 10.1097/01.blo.0000096804.78689.c2.
25. Klauw K., Durnin C.W., Ganz R. The acetabular rim syndrome. A clinical presentation of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(5):423-429.
26. Ganz R., Bamert P., Hausner P., Isler B., Vrevc F. [Cervico-acetabular impingement after femoral neck fracture]. *Unfallchirurg.* 1991;94(4):172-175. (In German).
27. Ito K., Minka M.A. 2nd, Leunig M., Werlen S., Ganz R. Femoroacetabular impingement and the cam-effect. A MRI-based quantitative anatomical study of the femoral head-neck offset. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(2): 171-176. doi: 10.1302/0301-620x.83b2.11092.
28. Parvizi J., Ganz R. Hip osteoarthritis. *Orthopedics.* 2003;26(11):1099, 1109.
29. Leunig M., Ganz R. [Femoroacetabular impingement. A common cause of hip complaints leading to arthrosis]. *Unfallchirurg.* 2005;108(1):9-17. doi: 10.1007/s00113-004-0902-z. (In German).
30. Beck M., Kalhor M., Leunig M., Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):1012-1018. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.15203.
31. Guanache C.A., Bare A.A. Arthroscopic treatment of femoroacetabular impingement. *Arthroscopy.* 2006;22(1):95-106. doi: 10.1016/j.arthro.2005.10.018.
32. Philippon M.J., Schenker M.L. Arthroscopy for the treatment of femoroacetabular impingement in the athlete. *Clin Sports Med.* 2006;25(2):299-308, ix. doi: 10.1016/j.csm.2005.12.006.
33. Wettstein M., Dienst M. Hip arthroscopy for femoroacetabular impingement. *Orthopade.* 2006;35(1):85-93. doi: 10.1007/s00132-005-0897-3.
34. Espinosa N., Rothenfluh D.A., Beck M., Ganz R., Leunig M. Treatment of femoro-acetabular impingement: preliminary results of labral refixation. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(5):925-935. doi: 10.2106/JBJS.E.00290.
35. Beck M., Leunig M., Parvizi J. Boutier V., Wyss D., Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement: part II. Midterm results of surgical treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;418:67-73.
36. Peters C.L., Erickson J.A. Treatment of femoro-acetabular impingement with surgical dislocation and debridement in young adults. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(8):1735-1741. doi: 10.2106/JBJS.E.00514.
37. Tannast M., Goricki D., Beck M., Murphy S.B., Siebenrock K.A. Hip damage occurs at the zone of femoroacetabular impingement. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(2):273-280. doi: 10.1007/s11999-007-0061-y.
38. O'Donoghue D.H. Impingement exostoses of the talus and tibia. *J Bone Joint Surg Am.* 1957;39-A(4):835-852.

39. Rab G.T. The geometry of slipped capital femoral epiphysis: implications for movement, impingement, and corrective osteotomy. *J Pediatr Orthop*. 1999;19(4):419-424. doi: 10.1097/00004694-199907000-00001.
40. Morris W.Z., Li R.T., Liu R.W., Salata M.J., Voos J.E. Origin of Cam Morphology in Femoroacetabular Impingement. *Am J Sports Med*. 2018;46(2):478-486. doi: 10.1177/0363546517697689.
41. Banerjee P., McLean C.R. Femoroacetabular impingement: a review of diagnosis and management. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2011;4(1):23-32. doi: 10.1007/s12178-011-9073-z.
42. Clohisy J.C., Dobson M.A., Robison J.F., Warth L.C., Zheng J., Liu S.S. et al. Radiographic structural abnormalities associated with premature, natural hip-joint failure. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93 Suppl 2:3-9. doi: 10.2106/JBJS.J.01734.
43. Середина А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):165-184. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.
- Seredina A.P., Andrianova M.A. [Study Design Guidelines]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):165-184. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.
44. Thomas G.E., Palmer A.J., Batra R.N., Kiran A., Hart D., Spector T. et al. Subclinical deformities of the hip are significant predictors of radiographic osteoarthritis and joint replacement in women. A 20 year longitudinal cohort study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2014;22(10):1504-1510. doi: 10.1016/j.joca.2014.06.038.
45. Gosvig K.K., Jacobsen S., Palm H., Sonne-Holm S., Magnusson E. A new radiological index for assessing asphericity of the femoral head in cam impingement. *J Bone Joint Surg Br*. 2007;89(10):1309-1316. doi: 10.1302/0301-620X.89B10.19405.
46. Nötzli H.P., Wyss T.F., Stoecklin C.H., Schmid M.R., Treiber K., Hodler J. The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(4):556-560. doi: 10.1302/0301-620x.84b4.12014.
47. Agricola R., Heijboer M.P., Bierma-Zeinstra S.M., Verhaar J.A., Weinans H., Waarsing J.H. Cam impingement causes osteoarthritis of the hip: a nationwide prospective cohort study (CHECK). *Ann Rheum Dis*. 2013;72(6):918-923. doi: 10.1136/annrheumdis-2012-201643.
48. Wyles C.C., Norambuena G.A., Howe B.M., Larson D.R., Levy B.A., Yuan B.J. et al. Cam Deformities and Limited Hip Range of Motion Are Associated With Early Osteoarthritic Changes in Adolescent Athletes: A Prospective Matched Cohort Study. *Am J Sports Med*. 2017;45(13):3036-3043. doi: 10.1177/0363546517719460.
49. Gosvig K.K., Jacobsen S., Sonne-Holm S., Palm H., Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis: a population-based survey. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(5):1162-1169. doi: 10.2106/JBJS.H.01674.
50. Wyles C.C., Heidenreich M.J., Jeng J., Larson D.R., Trousdale R.T., Sierra R.J. The John Charnley Award: Redefining the Natural History of Osteoarthritis in Patients With Hip Dysplasia and Impingement. *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(2):336-350. doi: 10.1007/s11999-016-4815-2.
51. Anderson L.A., Anderson M.B., Kapron A., Aoki S.K., Erickson J.A., Chrastil J. et al. The 2015 Frank Stinchfield Award: Radiographic Abnormalities Common in Senior Athletes With Well-functioning Hips but Not Associated With Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(2):342-352. doi: 10.1007/s11999-015-4379-6.
52. Wylie J.D., Kim Y.J. The Natural History of Femoroacetabular Impingement. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(Issue 6, Supplement 1 Suppl 1):S28-S32. doi: 10.1097/BPO.0000000000001385.
53. Wiberg G. Studies on Dysplastic Acetabula and Congenital Subluxation of the Hip Joint with Special Reference to the Complication of Osteo-Arthritis. *JAMA*. 1940;115(1): 81. doi: 10.1001/jama.1940.02810270083038.
54. Heyman C.H., Herndon C.H. Legg-Perthes disease; a method for the measurement of the roentgenographic result. *J Bone Joint Surg Am*. 1950;32 A(4):767-778.
55. Li P.L., Ganz R. Morphologic features of congenital acetabular dysplasia: one in six is retroverted. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;(416):245-253. doi: 10.1097/01.blo.0000081934.75404.36.
56. Agricola R., Heijboer M.P., Roze R.H., Reijman M., Bierma-Zeinstra S.M., Verhaar J.A. et al. Pincer deformity does not lead to osteoarthritis of the hip whereas acetabular dysplasia does: acetabular coverage and development of osteoarthritis in a nationwide prospective cohort study (CHECK). *Osteoarthritis Cartilage*. 2013;21(10): 1514-1521. doi: 10.1016/j.joca.2013.07.004.
57. Kim W.Y., Hutchinson C.E., Andrew J.G., Allen P.D. The relationship between acetabular retroversion and osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(6):727-729. doi: 10.1302/0301-620X.88B6.17430.
58. Giori N.J., Trousdale R.T. Acetabular retroversion is associated with osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;(417):263-269. doi: 10.1097/01.blo.0000093014.90435.64.
59. Beaulé P.E., Speirs A.D., Anwander H., Melkus G., Rakhra K., Frei H. et al. Surgical Correction of Cam Deformity in Association with Femoroacetabular Impingement and Its Impact on the Degenerative Process within the Hip Joint. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(16):1373-1381. doi: 10.2106/JBJS.16.00415.
60. Beaulé P.E., Grammatopoulos G., Speirs A., Geoffrey Ng K.C., Carsen S., Frei H. et al. Unravelling the hip pistol grip/cam deformity: Origins to joint degeneration. *J Orthop Res*. 2018;36(12):3125-3135. doi: 10.1002/jor.24137.
61. Rhon D.I., Greenlee T.A., Sissel C.D., Reiman M.P. The two-year incidence of hip osteoarthritis after arthroscopic hip surgery for femoroacetabular impingement syndrome. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):266. doi: 10.1186/s12891-019-2646-5.
62. Honda E., Utsunomiya H., Hatakeyama A., Nakashima H., Suzuki H., Matsuda D.K., Sakai A., Uchida S. Patients aged in their 70s do not have a high risk of progressive osteoarthritis following arthroscopic femoroacetabular impingement correction and labral preservation surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020;28(5):1648-1655. doi: 10.1007/s00167-019-05520-4.
63. Poh S.Y., Hube R., Dienst M. Arthroscopic treatment of femoroacetabular pincer impingement. *Oper Orthop Traumatol*. 2015;27(6):536-552. doi: 10.1007/s00064-015-0400-1.
64. Byrd J.W., Jones K.S. Arthroscopic management of femoroacetabular impingement: minimum 2-year follow-up. *Arthroscopy*. 2011;27(10):1379-1388. doi: 10.1016/j.arthro.2011.05.018.

65. Larson C.M., Giveans M.R., Stone R.M. Arthroscopic debridement versus refixation of the acetabular labrum associated with femoroacetabular impingement: mean 3,5-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2012;40(5):1015-1021. doi: 10.1177/0363546511434578.
66. Krych A.J., Thompson M., Knutson Z., Scoon J., Coleman S.H. Arthroscopic labral repair versus selective labral debridement in female patients with femoroacetabular impingement: a prospective randomized study. *Arthroscopy.* 2013;29(1):46-53. doi: 10.1016/j.arthro.2012.07.011.
67. Jackson T.J., Hanypsiak B., Stake C.E., Lindner D., El Bitar Y.F., Domb B.G. Arthroscopic labral base repair in the hip: clinical results of a described technique. *Arthroscopy.* 2014;30(2):208-213. doi: 10.1016/j.arthro.2013.11.021.

---

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:**

*Серeda Андрей Петрович* — д-р мед. наук, заместитель руководителя Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

---

**AUTHOR'S INFORMATION:**

*Andrey P. Sereda* — Dr. Sci. (Med.), Deputy Head of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>





## НУРЛАН ДЖУМАГУЛОВИЧ БАТПЕНОВ

29.08.1949 – 15.07.2020

15 июля на 71-м году жизни скоропостижно скончался Нурлан Джумагулович Батпенов — организатор и первый директор Научно-исследовательского института травматологии и ортопедии Минздрава Республики Казахстан, доктор медицинских наук, профессор, академик Национальной академии наук Республики Казахстан. В Казахстане он известен как видный ученый и врач, внесший значительный вклад в развитие медицинской науки и практического здравоохранения.

Нурлан Джумагулович начал свой трудовой путь в 1972 году после окончания Целиноградского государственного медицинского института. С 1972 по 1976 год работал врачом-ординатором травматолого-ортопедического отделения областной клинической больницы Целинограда. В 1976 году поступил в ординатуру, а после ее окончания был зачислен в аспирантуру Центрального института травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова в Москве. Там он защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Лечение больных с диафизарными и метафизарными переломами плеча и предплечья при множественной и сочетанной травме» под руководством профессора А.В. Каплана.

Вернувшись в Целиноград, с 1982 по 1991 год Нурлан Джумагулович работал ассистентом кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ Целиноградского государственного медицинского института. В 1991 году стал проректором по экономическим вопросам Акмолинской медицинской академии. В 1996 году защитил докторскую диссертацию на тему: «Разработка системы лечения и создание условий стойкой ремиссии у больных деформирующим артрозом крупных суставов».

С 1998 по 2002 год он заведовал кафедрой восстановительной травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом ВК и ЛФК, совмещая с должностью проректора по учебной и экономической работе Акмолинской медицинской академии.

9 февраля 2001 года постановлением Правительства РК № 215 в Астане был открыт Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии. Нурлан Джумагулович стал его первым директором.

На институт была возложена миссия становления травматолого-ортопедической отрасли в республике. За короткий период благодаря неутомимой энергии Нурлана Джумагуловича институт достиг высокого и конкурентоспособного уровня, став научно-практическим и организационно-методическим и образовательным центром страны.

Еще в 1995 году Нурлан Джумагулович наладил научные и творческие контакты с клиникой Мюнстерского университета Миндена (Германия). Институт на постоянной основе сотрудничает с НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова, Новосибирским НИИТО, Узбекским НИИТО, Российским университетом дружбы народов и другими научными организациями.

Нурлан Джумагулович — травматолог-ортопед высшей категории, в совершенстве владевший современными методами оперативного и консервативного лечения самых сложных костно-мышечных патологий. Он внедрил в травматологическую практику как собственные разработки, так и новые оригинальные методы лечения, заимствованные в ведущих клиниках стран СНГ и дальнего

зарубежья. Так, в 1994 году он внедрил артроскопические операции на коленном суставе в северных регионах Казахстана. В 1996 году впервые в республике применил метод эндопротезирования тазобедренного сустава современными немецкими и швейцарскими эндопротезами, а в 2002 году — эндопротезирование коленного сустава. Опыт НИИЦ ТО им. Н.Н. Приорова и многих крупных центров России, Швейцарии, Германии, самые современные достижения в области ортопедии и травматологии внедрены в институте благодаря его настойчивости, организаторским способностям, профессионализму.

Он основал и являлся главным редактором журнала «Травматология және ортопедия», который издается с 2002 года, входил в редакционные советы журналов «Хирургия позвоночника», «Клиническая медицина Казахстана», «Ортопедия, травматология и протезирование» и «Астана медициналық журналы».

Постоянное стремление к совершенству выразилось и в его изобретательской деятельности. Запатентованные Нурланом Джумагуловичем разработки получили не только республиканское, но и международное признание. Под его руководством в Казахстане впервые внедрены такие инновационные методики, как эндопротезирование и артроскопия крупных и мелких суставов, инновационные минимально инвазивные технологии остеосинтеза, ведутся исследования в перспективной области клеточных технологий. Разработана собственная система эндопротезирования, за которую коллектив института был удостоен в 2015 году государственной премии Республики Казахстан.

Являясь прекрасным специалистом, педагогом, наставником, учителем, профессор Н.Д. Батпенов вносил весомый вклад в подготовку высокопрофессиональных специалистов, являющихся кадро-

вой и интеллектуальной опорой Казахстана. Его воспитанники возглавляют клинические отделения, являются кандидатами и докторами медицинских наук, руководят республиканскими центрами, медицинскими организациями различного уровня. Усилиями Нурлана Джумагуловича создана Казахстанская ассоциация травматологов-ортопедов, объединяющая врачей всей республики.

На протяжении многих лет, являясь главным внештатным травматологом-ортопедом Минздрава РК, национальным координатором ВОЗ по профилактике травматизма и дорожной безопасности, принимал участие в разработке региональной дорожной карты интегрированной модели оказания помощи при травмах. Благодаря ему созданы межрайонные травматологические отделения на аварийно-опасных участках дорог республиканского значения.

Трудовая деятельность Нурлана Джумагуловича отмечена Минздравом и Правительством РК. Он награжден орденами «Құрмет» (Почета) и «Парасат» (Благодарства); бронзовой медалью ВДНХ СССР, медалями «Изобретатель СССР», «За вклад в развитие здравоохранения», «За трудовое отличие»; нагрудными знаками «Отличник здравоохранения РК», «Отличник образования РК», «Заслуженный изобретатель РК», «За заслуги в развитии науки РК», «Алтын дәрігер» (Золотой доктор) и другими наградами. Ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель Казахстана».

Выбранный вектор развития института и достигнутые результаты позволили Нурлану Джумагуловичу заслужить не только профессиональное, но и народное признание. Став травматологом-ортопедом, он оставался преданным профессии на протяжении всей жизни.

*Редакция журнала выражает соболезнования семье и коллегам Нурлана Джумагуловича.*

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Правила для авторов составлены на основе «Белой книги Совета научных редакторов о соблюдении принципов целостности публикаций в научных журналах, 2012» (CSE's White Paper on Promotion Integrity in Scientific Journal Publications, 2012 Update) и «Рекомендаций по проведению, описанию, редактированию и публикации результатов научной работы в медицинских журналах, декабрь 2016» (ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, December 2016).

### Цели и задачи журнала:

- информирование российских и зарубежных читателей о новых экспериментальных и клинических исследованиях в области травматологии и ортопедии;
- предоставление платформы для научных дискуссий и достижения консенсуса по спорным аспектам диагностики и лечения заболеваний опорно-двигательной системы у взрослых и детей;
- содействие расширению сотрудничества российских и зарубежных специалистов в области травматологии и ортопедии для формирования современной травматолого-ортопедической практики.

Журнал принимает к публикации высококачественные работы, выполненные с соблюдением принципов доказательной медицины.

В журнале публикуются:

- редакционные статьи;
- оригинальные статьи, содержащие результаты клинических и экспериментальных исследований;
- аналитические и систематические обзоры литературы по актуальным темам, интересным широкому кругу читателей, основанные на критическом анализе современных литературных источников;
- описания редких клинических случаев с их обсуждением.

На наиболее интересные статьи публикуются комментарии ведущих экспертов в данной области.

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, научных сотрудников, врачей и экспертов в данной области.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ РУКОПИСИ СТАТЬИ

Направляя рукопись статьи в журнал «Травматология и ортопедия России», вы подтверждаете, что:

- статья не была опубликована ранее и не находится в настоящее время на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Все рукописи статей, которые подаются в редакцию журнала, должны быть оформлены в соответствии с международными стандартами надлежащей публикационной практики.

Редакция журнала «Травматология и ортопедия России» рекомендует авторам использовать при подготовке статей чек-листы и схемы, разработанные международными организациями в области здравоохранения. В библиотеке EQUATOR (Enhancing the Quality and Transparency of Health Research) представлены рекомендации по подготовке и оформлению научных статей, по этике публикаций, а также руководства для редакторов и рецензентов.

При подготовке статей, отражающих результаты рандомизированных клинических исследований, рекомендуем использовать «CONSORT 2010 checklist of information to include when reporting a randomizes trial».

При подготовке статей с участием лабораторных животных *in vivo* можно использовать «The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research»

Для статей, отражающих результаты обсервационных исследований (случай-контроль или когортное исследование)

«The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies»,

При подготовке систематических обзоров — «PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)»

При описании клинических случаев — «The CARE Guidelines: Consensus-based Clinical Case Reporting Guideline Development», «Reporting checklist for case report or case series».

При подготовке статей, отражающих результаты качественных исследований — «SRQR (Standards for reporting qualitative research)», Standards for Reporting Qualitative Research.

При подготовке статей, отражающих результаты прогностических исследований — STARD 2015: An Updated List of Essential Items for Reporting Diagnostic Accuracy Studies.

### СТРУКТУРА СТАТЬИ

**Титульный лист** (на русском и английском языках)

#### Имя автора (авторов)

Журнал «Травматология и ортопедия России» придерживается следующих критериев авторства, разработанных ICMJE и COPE:

- существенный вклад в разработку концепции или дизайна исследования; или сбор, анализ или интерпретация данных;

- написание текста статьи или ее редактирование для важного интеллектуального содержания;
- утверждение окончательного варианта статьи для публикации;
- согласие нести ответственность за все аспекты статьи, обеспечивая надлежащее расследование и решение вопросов, связанных с точностью или целостностью любой части работы.

Любые изменения в списке авторов после подачи статьи в редакцию должны быть одобрены всеми авторами. Ответственный автор выступает контактным лицом между издателем и другими авторами. Он должен информировать соавторов и привлекать их к принятию решений по вопросам публикации (например, в случае ответа на комментарии рецензентов).

Имена людей, которые не соответствуют критериям авторства, но оказали поддержку при написании статьи, указывают в разделе «Благодарности».

При указании авторов статьи фамилию следует указывать после инициалов имени и отчества (И.И. Васильев, В.В. Иванов).

Фамилии на английском языке необходимо указывать в такой же транслитерации, как в ранее опубликованных статьях и аккаунтах автора в международных базах данных. Если автор не имеет публикаций, для транслитерации фамилии и имени необходимо использовать стандарт BSI (<https://translit.ru/ru/bsi/>).

#### **Аффилиация авторов**

Аффилиация включает в себя следующие данные: полное официальное название организации, города и страны. Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса (И.И. Иванов<sup>1</sup>, А.А. Петров<sup>2</sup>).

Необходимо указать официальное англоязычное название учреждения для блока информации на английском языке.

#### **Название статьи**

Название статьи должно соответствовать ее содержанию. Заглавие статьи должно быть информативным, лаконичным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему исследования и содержание работы. Заглавие должно легко восприниматься читателями и поисковыми системами. Не рекомендуется использовать аббревиатуру и формулы. Англоязычное название должно соответствовать русскоязычному названию по смыслу, но не обязательно быть подстрочным переводом с русского языка.

#### **Реферат**

Рекомендуемый объем структурированного реферата — 200–250 слов. Аннотация должна содержать те же разделы, что и статья: краткое обоснование актуальности, цель или гипотеза, методы, результаты, заключение. В реферате не должно быть аббревиатур (за исключением общеизвестных) и ссылок на литературу.

#### **Ключевые слова**

Рекомендуется приводить 5–7 слов или словосочетаний по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова не дублировали название статьи, а дополняли его. Для подбора ключевых слов можно пользоваться тезаурусом ключевых слов Medical Subject Headings для индексации статей.

#### **Текст статьи**

В журнале принят международный формат статей IMRAD (Introduction, Methods, Results, Discussion — Введение, Методы, Результаты, Обсуждение), который является обязательным для публикаций, основанных на эмпирических исследованиях.

**Источники финансирования** (государственное бюджетное финансирование, гранты, спонсорская помощь).

#### **Благодарности**

В этом разделе авторы приносят благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами. Участие в работе над статьей подразумевает: рекомендации по совершенствованию исследования, предоставление пространства для исследования, ведомственный контроль, одиночные виды анализа, предоставление реагентов/пациентов/животных/прочих материалов для исследования.

#### **Конфликт интересов**

Автор обязан уведомить редактора о следующих реальных или потенциальных конфликтах интересов:

- поддержка исследования коммерческими компаниями, Авторы должны описать роль спонсора в выполнении исследования и в принятии решения о публикации его результатов. Если источник финансирования не участвовал в процессе как описано выше, авторы также должны это указать.
- связи с коммерческими компаниями, которые могут рассматриваться как наличие интереса в области вопросов, освещаемых в статье;
- нефинансовые связи, имеющие отношение к подаваемой к печати статье.

Если конфликта интересов нет, авторы должны также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

### **Информация об авторах**

Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание, должность и наименование учреждения, в котором работает автор, адреса электронной почты.

### **Рисунки**

Иллюстрации следует вставить в текст статьи для облегчения редактирования и рецензирования, а также представить отдельными файлами в формате TIFF или JPEG с реальным разрешением 300–600 dpi.

Иллюстрации необходимо загружать в качестве дополнительных файлов при подаче статьи через личный кабинет на сайте журнала. Файлам изображений следует присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте.

Иллюстрации должны быть четкими и контрастными, их общее количество не должно превышать 12 (учитываются все рентгенограммы, фотографии в сгруппированных иллюстрациях). Не надо объединять отдельные изображения в коллажи, каждое следует загружать отдельным файлом. Все рисунки (фотографии, рентгенограммы, графики, диаграммы, схемы) должны иметь последовательную нумерацию. Не допускается тройная нумерация, например рис. 1 а-1, 2 б-2 и т.д.

Диаграммы и графики следует представлять в файлах Excel.

На каждый рисунок в тексте статьи обязательно должна быть ссылка. Символы, стрелки или буквы, используемые на фотографиях, должны контрастировать с фоном. Подписи к иллюстрациям располагаются непосредственно под рисунком. Все обозначения, надписи на рисунках (в т.ч. графиках и диаграммах) и подрисовочные подписи следует представлять на русском и английском языках. В подписях к микрофотографиям обязательно следует указывать метод окраски и увеличение (например, окраска гематоксилином и эозином;  $\times 200$ ).

Заимствовать иллюстрации без разрешения правообладателя можно только том случае, если это статья открытого доступа, распространяемая в соответствии с условиями лицензии Creative Commons CC BY, которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение при условии правильного цитирования оригинальной работы. В остальных случаях необходимо предоставить письменное разрешение от правообладателя на репродукцию.

### **Таблицы**

Допускается размещение в тексте статьи не более 6 таблиц. Включение данных в таблицы вместо текста позволяет уменьшить объем рукописи. Таблицы необходимо последовательно пронумеровать в порядке их первого упоминания в тексте, каждая таблица должна иметь название и ссылку на нее в тексте. Следует уточнить, какие параметры статистической варибельности оценивались, например, стандартное отклонение или стандартная ошибка среднего. Не следует дублировать данные, содержащиеся в таблице, в тексте статьи, в графиках или диаграммах.

### **Список литературы**

Рекомендуемое количество литературных источников в списке для оригинальных статей — 30–60 наименований, для обзоров литературы — 60–100.

В журнале используется *Ванкуверский формат цитирования*, который подразумевает ссылку на источник литературы в квадратных скобках и последующее упоминание источников в списке литературы в порядке упоминания в тексте.

В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и главы из монографий). Не рекомендуется включать в список литературы патенты, учебники, учебные пособия, ГОСТы, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах, на сайтах и в блогах. Если необходимо сослаться на такую информацию, следует поместить информацию об источнике в сноску. Вместо ссылок на диссертации или авторефераты диссертаций следует ссылаться на опубликованные статьи этого автора. Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи должны быть помечены словами «в печати». Авторы должны получить письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они приняты к печати.

В описании источника должны быть представлены не менее 6 первых авторов.

При описании русскоязычных источников литературы необходимо дополнительно указывать информацию для цитирования на латинице:

- фамилии и инициалы авторов надо транслитерировать в стандарте BSI. На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

- перевод названий статьи и журнала надо взять на сайте этого журнала или в базе eLIBRARY.

После описания русскоязычного источника в конце ссылки ставится указание на язык работы: (In Russian).

Сокращать названия англоязычных журналов следует в соответствии с каталогом журналов PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>).

При описании источника следует указывать DOI при его наличии.

### Примеры оформления

#### Ссылка на статьи из иностранных журналов

Nagai K., Aoyama T., Yamada M., Izeki M., Fujibayashi S., Takemoto M. et al. Quantification of changes in gait characteristics associated with intermittent claudication in patients with lumbar spinal stenosis. *J Spinal Disord Tech.* 2014;27(4): 136-142. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182a2656b.

#### Ссылка на русскоязычную статью

Карданов А.А., Буали Н.М., Русанова В.В., Непомящий И.С. Результаты хирургического лечения болезни Хаглунда. *Травматология и ортопедия России.* 2013;(1):67-71.

doi: 10.21823/2311-2905-2013--1-67-71.

Kardanov A.A., Bualy N.M., Rusanova V.V., Nepomyashchiy I.S. [Results of surgical treatment of Haglund's disease]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(1):67-71.

doi: 10.21823/2311-2905-2013--1-67-71.

#### Ссылки на главы из монографий на иностранном языке

Глава из монографии:

Dryagin V.G., Kuropatkin G.V., Danilyak V.V. RM cup: experiences in Russia. In: Horne G., ed. *Hip-joint surgery: the RM cup: long-term experience with an elastic monobloc acetabular implant.* Hamburg: Einhorn-Press, 2008. pp. 57-64.

Название журнала и название монографий и сборников выделяется курсивом, после инициалов ставятся точки. Между фамилией автора и инициалами запятая не ставится.

#### Ссылки на Интернет-ресурсы

Название материала на сайте. Название сайта; 2016 [обновлено 19 октября 2016; процитировано 30 октября 2016]. Доступно: <http://www.example.ru>.

Пример: Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2018 Annual Reports. Режим доступа: <https://aoanjrr.sahmri.com/>

*Примечание:* предпочтительно указывать ссылку на материал с сайта, который упоминается в статье. Ссылка на главную страницу не информативна и не дает возможность проверить информацию.

## ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ В РЕДАКЦИЮ

Основным способом подачи рукописи статьи в редакцию является загрузка через личный кабинет на сайте журнала.

Юбилейные статьи, информацию о предстоящих и прошедших симпозиумах можно отправлять по электронной почте в форме присоединенных файлов на адрес редакции: [journal@rniito.org](mailto:journal@rniito.org).

При подаче рукописи должны быть загружены следующие файлы:

### 1. Основной файл

Рукописи, поступающие в редакцию, проходят процедуру двойного слепого рецензирования, в соответствии с которой они направляются экспертам без указания авторов и их институциональной аффилиации. Поэтому основной файл не должен содержать фамилий авторов и названия учреждений. Он должен состоять из следующих разделов:

а) *Название статьи*

б) *Структурированное резюме* на русском языке объемом 250-400 слов, в котором излагается краткое содержание статьи: актуальность, цель исследования, материал и методы, результаты (конкретные данные и их статистическая значимость) и выводы. По авторскому резюме должна быть понятна суть статьи, в нем следует приводить фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Сокращений следует избегать.

в) *Ключевые слова* или словосочетания (от 3 до 6), которые будут способствовать правильному индексированию статьи. Рекомендуются использовать термины из списка медицинских предметных заголовков U.S. National Library of Medicine Medical Subject Headings

г) *Текст статьи*

### 2. Титульный лист

- Название статьи
- Фамилии и инициалы авторов
- Полное наименование учреждения, в котором работает(ют) автор(ы) в именительном падеже с обязательным указанием статуса организации (аббревиатура перед названием) и ведомственной принадлежности; город, страна. Если авторы работают в разных организациях, принадлежность их к своему учреждению обозначается цифрами
- Адрес электронной почты и номер мобильного телефона автора статьи, ответственного за связь с редакцией.

3. **Полные данные об авторах, необходимые для обработки журнала в Российском индексе научного цитирования:** Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание, должность и наименование учреждения, в котором работает автор, адреса электронной почты.

**4. Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей**

**5. Список литературы**

**6. Информация на английском языке:** заглавие статьи, транслитерация фамилий авторов в латинском алфавите <http://translit.net/ru/bsi/> (вариант BSI), название организации с указанием города, страны, структурированное резюме и ключевые слова, сведения об авторах в том же объеме, как на русском языке. Переводы на английский язык с применением компьютерных переводчиков не принимаются.

**7. Лицензионный договор**

Согласно вступившей в действие IV части Гражданского кодекса РФ, с 2012 года между авторами статей и редакцией журнала заключается **Лицензионный договор о предоставлении права использования произведения** издателю. Электронный вариант заполненного и подписанного всеми авторами договора также следует загрузить в качестве дополнительного файла

**8. Иллюстрации в формате JPEG.** При загрузке файлов обязательно указывайте номер рисунка, соответствующий его номеру в тексте статьи.

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ**

Редакция журнала ведет переписку с автором, ответственным за связь с редакцией, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Травматология и ортопедия России» статьи проходят предварительную проверку ответственным секретарем журнала на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена авторам на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, отсутствия научной значимости.

После предварительной проверки ответственный секретарь передает статью эксперту по биомедицинской статистике для проверки корректности выполненного статистического анализа.

В случае положительного ответа статья отправляется через электронную редакцию нескольким рецензентам (как правило, двум) с указанием сроков рецензирования. Автору отправляется соответствующее уведомление. В спорных случаях редактор может назначить дополнительное рецензирование. Однако окончательное решение принимает главный редактор.

Если принято решение о принятии статьи к публикации, редакция уведомляет авторов о сроках публикации.

При принятии решения о доработке статьи рецензии и комментарии рецензентов отправляются авторам. На доработку статьи дается 2 месяца. Если в течение этого срока авторы не представили исправленный вариант статьи и не уведомили редакцию о планируемых действиях, статья снимается с регистрации и передается в архив.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции и текст рецензий.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить. Ответ ожидается от авторов в течение 2 суток. При отсутствии реакции со стороны автора верстка статьи считается утвержденной.

## **ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА**

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо аргументированно в письменной форме изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу. Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

## **ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ**

В случае обнаружения недобросовестного поведения со стороны автора, плагиата, фабрикация или фальсификация данных редакция руководствуется правилами COPE. Под «недобросовестным поведением» мы понимаем любые действия ученого, включающие ненадлежащее обращение с объектами изучения или намеренное манипулирование научной информацией, при котором она перестает отражать наблюдаемые исследования, а также поведение ученого, которое не соответствует принятым этическим и научным стандартам.

К «недобросовестному поведению» журнал «Травматология и ортопедия России» не относит честные ошибки или честные расхождения в плане, проведении, интерпретации или оценке

---

исследовательских методов или результатов, или недобросовестное поведение, не связанное с научным процессом.

#### **ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ**

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены PDF-файла статьи и указанием на ошибку в самом файле статьи и на странице статьи на сайте журнала.

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикации данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отозванная статья помечается знаком «Статья ретрагирована», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

#### **АВТОРСКИЕ ПРАВА**

Авторы, публикующие в данном журнале, соглашаются со следующим:

1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации статьи на условиях лицензии Creative Commons Attribution License, которая позволяет другим распространять данную статью с обязательным сохранением ссылок на авторов оригинальной работы и оригинальную публикацию в этом журнале.

2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договоренности, касающиеся неэксклюзивного распространения версии статьи в опубликованном виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге) со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.

3. Авторы имеют право размещать их статью в сети Интернет (например, в институтском хранилище или персональном сайте) до и во время процесса рассмотрения ее данным журналом, так как это может привести к продуктивному обсуждению и большему количеству ссылок на данную работу.