

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

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

**Учредитель и издатель**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Российский ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации*

**Главный редактор Р.М. Тихилов**

**Том 25, № 3, 2019**

# Травматология и ортопедия России

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь редколлегии

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Агаджанян В.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(Областной клинический центр охраны здоровья шахтеров,  
Кемеровская обл., 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 (НИДОИ им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)

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

**Губин А.В.** – д-р мед. наук  
(РНЦ «ВТО им. акад. Г.А. Илизарова», Курган, Россия)

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

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

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

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

**Кульджанов Д.** – д-р медицины, профессор  
(Университет Сент-Луиса, Сент-Луис, США)

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

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

**Норкин И.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(Саратовский НИИТОН СГМУ им. В.И. Разумовского, Саратов, 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  
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)

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

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

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

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

**Хоминец В.В.** – д-р мед. наук (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  
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)

## НАУЧНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ СОВЕТ

**Бережной С.Ю.** – д-р мед. наук  
(«Мединцентр» ГлавУпДК при МИД России, Москва, Россия)

**Дианов С.В.** – д-р мед. наук, профессор  
(Астраханский государственный медицинский университет,  
Астрахань, Россия)

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

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

**Котельников Г.П.** – академик РАН, д-р мед. наук, профессор  
(Самарский ГМУ, Самара, Россия)

**Кузнецов И.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(ООО «СпортКлиника»,  
Санкт-Петербург, Россия)

**Неверов В.А.** д-р мед. наук, профессор  
(Северо-Западный ГМУ им. И.И. Мечникова,  
Санкт-Петербург, Россия)

**Родоманова Л.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(РНИИТО им. Р.Р. Вредена,  
Санкт-Петербург, 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.

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

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается с письменного разрешения редакции.

Ссылка на журнал «Травматология и ортопедия России» обязательна.

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

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

Технический редактор Гаврилова С.В.



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

SCIENTIFIC JOURNAL

# TRAUMATOLOGIYA I ORTOPEDIYA ROSSII

TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS OF RUSSIA

**Founder and Publisher**

*Federal State Budget Institution*

*Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
Healthcare Ministry of Russian Federation*

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

**Vol. 25, N 3, 2019**

# Traumatology and Orthopedics of Russia

## Editor-in-Chief

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

(Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Deputy editor

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

(Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

Executive secretary

**Irina V. Kolesnikova**

(Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

## EDITORIAL BOARD

**Vagram V. Agadzhanian** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Regional 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 Scientific Institute  
for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Svetlana A. Bozhkova** – Dr. Sci. (Med.) (Vreden Russian Research  
Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Aleksander V. Gubin** – Dr. Sci. (Med.) (Ilizarov Russian Scientific Center  
for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia)

**Luigi Zagra** – MD, Professor (Galeazzi Orthopedic Institute, Milan, Italy)

**Nikolay N. Kornilov** – Dr. Sci. (Med.) (Vreden Russian Research  
Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

**Aleksander Yu. Kochish** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian  
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,  
St. Petersburg, Russia)

**Veit Krenn** – MD, Professor (Center for Histology, Cytology  
and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)

**Djoldas Kuldjanov** – MD, Professor (St. Louis University, St. Louis, USA)

**Dmitry A. Malanin** – Dr. Sci. (Med), Professor, (Volgograd State Medical  
University, Volgograd, Russia)

**Valery Yu. Murylev** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Sechenov First Moscow  
State Medical University, Moscow, Russia)

**Igor A. Norkin** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov Research Institute  
of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky State  
Medical University, Saratov, 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 Russian  
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,  
St. Petersburg, Russia)

**Andrey P. Sereda** – Dr. Sci. (Med.) (Federal Medical and Biological  
Agency, Moscow, Russia)

**Leonid N. Solomin** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian  
Research Institute 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. Khomeinets** – Dr. Sci. (Med.) (Kirov Military Medical  
Academy, St. Petersburg, Russia)

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

**Vladimir I. Shevtsov** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Tsiv'yan Novosibirsk Research Institute of Traumatology  
and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)

## ADVISORY BOARD

**Sergey Yu. Berezhnoy** – Dr. Sci. (Med.) (Medincentre of Main  
Administration for Service to the Diplomatic Corps Moscow, Russia)

**Sergei V. Dianov** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Astrakhan State Medical University,  
Astrakhan, Russia)

**Aleksander K. Dulaev** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute  
of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia)

**Andrey V. Korolev** – Dr. Sci. (Med.), Professor (European Clinic  
of Sports Traumatology and Orthopedics (ECSTO), Moscow, Russia)

**Gennady P. Kotelnikov** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member  
of Russian Academy of Sciences (Samara State Medical University,  
Samara, Russia)

**Igor A. Kuznetsov** – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Sport Clinic, St. Petersburg, Russia)

**Valentin A. Neverov** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Mechnikov  
North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia)

**Lyubov A. Rodomanova** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden Russian  
Research Institute of Traumatology and Orthopedics,  
St. Petersburg, Russia)

The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended  
by Russian State Commission for Academic Degrees and Titles.

The journal is currently indexed in Emerging Sources Citation Index (Web of Science), Russian Science Citation Index,  
and 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. Registered by Russian State Press Committee.  
Media registration certificate N 0110540 dated 12.04.1993. Full and partial copying or reproduction  
of journal materials permitted only upon written consent of the editorial office with a mandatory reference to the journal.

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>

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

Technical editor: S.V. Gavrilova



## СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА .....	7	<b>Рябых С.О., Савин Д.М., Филатов Е.Ю., Котельников А.О., Сайфутдинов М.С.</b> Результаты хирургического лечения спондилолистеза тяжелой степени (анализ моноцентровой когорты и обзор литературы) .....	100
КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ		ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	
<b>Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Плиев Д.Г., Шубняков М.И., Ваграмян А.Г., Авдеев А.И.</b> Имеется ли клинический смысл в разделении врожденного вывиха бедра у взрослых на типы C1 и C2 по Hartofilakidis? .....	9	<b>Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Бельский И.Г., Майоров Б.А., Старчик Д.А.</b> Анатомо-клиническое обоснование заднелатерального трансмалоберцового доступа для остеосинтеза переломов заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости .....	112
<b>Даниляк В.В., Ключевский В.В., Молодов М.А., Горюнов Е.В., Марченкова К.В.</b> Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic .....	25	МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
<b>Мясоедов А.А.</b> <i>Комментарий к статье «Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic»</i> .....	34	<b>Петрайкин А.В., Смолярчук М.Я., Петрайкин Ф.А., Низовцова Л.А., Артюкова З.Р., Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Владимирский А.В., Морозов С.П.</b> Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК ФК2 .....	124
<b>Коваленко А.Н., Джавадов А.А., Шубняков И.И., Билык С.С., Денисов А.О., Черкасов М.А., Мидаев А.И., Тихилов Р.М.</b> Среднесрочные результаты использования индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава .....	37	СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ	
<b>Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздников И.Ю., Познович М.С.</b> Применение индивидуальных шаблонов при тройной остеотомии таза у детей с диспластическим подвывихом бедра (предварительные результаты) .....	47	<b>Кузин В.В., Егизарян К.А., Ракша А.П., Ратьев А.П., Кузин А.В., Жаворонков Е.А., Чеботарев В.В.</b> Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при мелореостозе (случай из практики) .....	135
<b>Маланин Д.А., Норкин А.И., Трегубов А.С., Демещенко М.В., Черезов Л.Л.</b> Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча .....	57	<b>Затравкина Т.Ю., Буров Ю.А., Шаницын И.Н., Максюшина Т.Д., Титова Ю.И., Сумин Д.Ю., Ионова Т.А., Миронов И.А.</b> Ложные аневризмы сосудов нижних конечностей как осложнение наследственной экзостозной хондродисплазии у подростков (два клинических случая) .....	143
<b>Доколин С.Ю., Кузьмина В.И.</b> <i>Комментарий к статье «Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча»</i> .....	67	ДИСКУССИИ	
<b>Касимова А.Р., Божкова С.А., Тихилов Р.М., Сараев А.В., Петухов А.И., Журавков А.А., Арефьева А.Н.</b> Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты .....	70	<b>Мартыненко Д.В., Волошин В.П., Шерман Л.А., Шевырев К.В., Ошкуков С.А., Степанов Е.В.</b> Определение деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава .....	153
<b>Белов М.В.</b> <i>Комментарий к статье «Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты»</i> .....	81	МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
<b>Keshet D., Salminen S., Eidelman M.</b> Acute Correction of Congenital Brachymetatarsia in Adolescents and Young Adults .....	84	<b>Серета А.П., Андрианова М.А.</b> Рекомендации по оформлению дизайна исследования .....	165
<b>Смирнова Л.М., Джомардлы Э.И., Кольцов А.А.</b> Объективные признаки деформаций стоп у детей со спастическими формами детского церебрального паралича: обоснование индивидуального подхода к обеспечению обуви .....	90	ОБЗОРЫ	
		<b>Овчинников Е.Н., Стогов М.В.</b> Стимуляция остеогенеза постоянным электрическим током (обзор литературы) .....	185
		ЮБИЛЕИ	
		<b>Вячеслав Васильевич Ключевский</b> К 80-летию со дня рождения .....	192
		<b>Ваграм Ваганович Агаджанян</b> К 70-летию со дня рождения .....	194
		<b>Георгий Иванович Жабин</b> К 75-летию со дня рождения .....	196

## CONTENTS

EDITORIAL.....	7	<b>Ryabykh S.O., Savin D.M., Filatov E.Yu., Kotelnikov A.O., Saifutdinov M.S.</b> Outcomes of Surgical Treatment of High-Grade Spondylolisthesis (Monocenter Cohort and Literature Review) .....	100
CLINICAL STUDIES		THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES	
<b>Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Pliev D.G., Shubnyakov M.I., Vahramyan A.G., Avdeev A.I.</b> Is the Any Clinical Importance for Separation Congenitally Dislocated Hip in Adults into Types C1 and C2 by Hartofilakidis?.....	9	<b>Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Belenky I.G., Mayorov B.A., Starchik D.A.</b> Anatomical and Clinical Rationale for Posterolateral Transfibular Approach for Internal Fixation of the Posterolateral Column of the Tibial Plateau .....	112
<b>Danilyak V.V., Klyuchevsky V.V., Molodov M.A., Goryunov E.V., Marchenkova K.V.</b> Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty with RM Classic Cups .....	25	RESEARCH METHODS	
<b>Myasoedov A.A.</b> <i>Comment to the Article "Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty with RM Classic Cups"</i> .....	34	<b>Petraikin A.V., Smolyarchuk M.J., Petryaykin F.A., Nizovtsova L.A., Artyukova Z.R., Sergunova K.A., Akhmad E.S., Semenov D.S., Vladzimirsky A.V., Morozov S.P.</b> Assessment the Accuracy of Densitometry Measurements Using DMA PP2 Phantom .....	124
<b>Kovalenko A.N., Dzhavadov A.A., Shubnykov I.I., Bilyk S.S., Denisov A.O., Cherkasov M.A., Midaev A.I., Tikhilov R.M.</b> Mid-term Outcomes of Using Custom-Made Implants for Revision Hip Arthroplasty .....	37	CASE REPORTS	
<b>Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnykin I.Yu., Poznovih M.S.</b> Patient-Specific Templates for Triple Pelvic Osteotomy in Children with Dysplastic Hip Subluxation (Preliminary Results).....	47	<b>Kuzin V.V., Egiazaryan K.A., Raksha A.P., Ratyev A.P., Kuzin A.V., Zhavoronkov E.A., Chebotarev V.V.</b> Total Hip Arthroplasty in Patient with Melorheostosis (Case Report) .....	135
<b>Malanin D.A., Norkin A.I., Tregubov A.S., Demeshchenko M.V., Cherezov L.L.</b> PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps .....	57	<b>Zatravkina T.Yu., Burov Yu.A., Shanitsyn I.N., Maksyushina T.D., Titova Yu.I., Sumin D.Yu., Ionova T.A., Mironov I.A.</b> Pseudoaneurysms of the Lower Extremity Vessels as a Complication of Hereditary Exostose Chondrodysplasia in Adolescents (Two Case Reports).....	143
<b>Dokolin S.Yu., Kuz'mina V.I.</b> <i>Comment to the Article "PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps"</i> .....	67	DISCUSSIONS	
<b>Kasimova A.R., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M., Saraev A.V., Petukhov A.I., Zhuravkov A.A., Arefyeva A.N.</b> The Effect of Pharmacological Thromboprophylaxis, Tourniquet and Drainage on Hemorrhagic Complications in the Early Stage after Knee Arthroplasty: Preliminary Results .....	70	<b>Martynenko D.V., Voloshin V.P., Sherman L.A., Shevyrev K.V., Oshkukov S.A., Stepanov E.V.</b> Assessment of Acetabulum Deformity During Preoperative Planning for Hip Arthroplasty .....	153
<b>Belov M.V.</b> <i>Comment on the Article "The Effect of Pharmacological Thromboprophylaxis, Tourniquet and Drainage on Hemorrhagic Complications in the Early Stage after Knee Arthroplasty: Preliminary Results"</i> .....	81	RESEARCH METHODOLOGY	
<b>Keshet D., Salminen S., Eidelman M.</b> Acute Correction of Congenital Brachymetatarsia in Adolescents and Young Adults .....	84	<b>Sereda A.P., Andrianova M.A.</b> Study Design Guidelines.....	165
<b>Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A.</b> Objective Signs of Foot Deformities in Children with Spastic Form of Cerebral Paralysis: Justification of Individual Approach to Footwear Support .....	90	REVIEWS	
		<b>Ovchinnikov E.N., Stogov M.V.</b> Stimulation of Osteogenesis by Direct Electric Current (Review).....	185
		JUBILEES	
		<b>Vyacheslav V. Klyuchevskii</b> 80 <sup>th</sup> Anniversary of the Birth .....	192
		<b>Vagram V. Agadzhanian</b> 70 <sup>th</sup> Anniversary of the Birth .....	194
		<b>Georgii I. Zhabin</b> 75 <sup>th</sup> Anniversary of the Birth .....	196

**Уважаемые читатели!**

В этом выпуске представлены статьи по различным направлениям нашей специальности. Несколько работ посвящены проблеме хирургического лечения патологии тазобедренного сустава, в том числе точности определения деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании и клинической значимости разделения высокого вывиха бедра на два подтипа при тотальном эндопротезировании. В нашем журнале было несколько публикаций по переосмыслению общепризнанных классификаций с позиций новых технологий визуализации. Это отражает желание ортопедов научиться как можно точнее охарактеризовать проблему и разговаривать на одном языке при выборе метода лечения и оценке результатов. Дополнительные возможности в этом отношении предоставляют 3D-технологии, которые все более активно входят в повседневную жизнь ортопедов. Поэтому не могут остаться незамеченными статья по использованию индивидуальных шаблонов при тройной остеотомии таза у детей и две публикации с оценкой возможностей аддитивных технологий при лечении патологии тазобедренного сустава и результатов их применения, даже пусть они пока ограничены небольшими сроками наблюдения.

Не меньший интерес вызывают статья В.В. Даниляка с соавторами, посвященная результатам применения вертлужного компонента RM, и комментарий к ней. Примечательно, что оригинальный принцип изоэластичности имплантатов прошел проверку временем и продемонстрировал хорошие долгосрочные результаты.

Прошло более 30 лет после выхода первых рекомендаций о введении тромбопрофилактики после больших ортопедических операций в рутинную практику и почти 7 лет после издания первой редакции Российских клинических рекомендаций «Профилактика венозных тромбоэмболических осложнений в травматологии и ортопедии». За это время накопилось достаточно много новых данных об эффективности и безопасности различных методов и схем профилактики венозных тромбоэмболических осложнений. В этом выпуске журнала публикуются первые результаты единственного на сегодняшний день отечественного проспективного рандомизированного исследо-

вания эффективности и безопасности малых доз ацетилсалициловой кислоты в сравнении с двумя антикоагулянтами. Результаты исследования А.Р. Касимовой с соавторами могут послужить основанием для пересмотра клинических рекомендаций в отношении пациентов с отсутствием дополнительных факторов риска венозных тромбозов при выполнении планового эндопротезирования и привести к снижению затрат на тромбопрофилактику.

Непреходящую актуальность имеет проблема оптимизации остеогенеза. Е.Н. Овчинников с соавторами из РНЦ им. Г.А. Илизарова провели анализ литературы и подготовили обзор по использованию электростимуляции репаративной регенерации с глубиной поиска 30 лет по научным базам PubMed и eLIBRARY. Хотелось бы отметить, что, к сожалению, в этот обзор не вошло одно из самых фундаментальных отечественных исследований, которое было проведено проф. В.В. Руцким с коллегами в 1980-х годах и завершилось написанием докторской диссертации и выходом монографии ровно 30 лет назад\*. К сожалению, тогда не было электронной базы Российского индекса научного цитирования, но в PubMed имеется не менее 8 публикаций, основанных на этих исследованиях. Современный интерес к этой проблеме подчеркивает актуальность этой работы, о чем свидетельствуют выводы публикуемой в этом выпуске статьи.

Наряду с анонсом некоторых статей этого номера, нам бы хотелось в этой редакторской колонке более подробно обсудить вопрос о состоянии отечественной науки в области травматологии и ортопедии. В основу размышлений были положены результаты анализа принятых докладов от нашей страны на последних форумах EFORT (2015–2019 гг.), а также опубликованные на страницах журнала статьи, посвященные публикационной активности наших соотечественников в высокорейтинговых зарубежных журналах и анализу диссертационных исследований за 2017 год.

Ежегодная конференция EFORT является знаковым событием в жизни ортопедов-травматологов, так как эта организация объединяет почти все ортопедические ассоциации Европы, в ней принимают самое активное участие ученые Азии

\* Ткаченко С.С., Руцкий В.В. Электростимуляция остеорепарации. Л. : Медицина, Ленинградское отделение, 1989. 208 с.

и Америки. Выступление на этом форуме означает признание вашего исследования актуальным и интересным для мирового ортопедического сообщества. Число докладов на каждой конференции от нашей страны (включая постерные) в последние 5 лет колеблется от 20 до 30, что составляет примерно 0,7–1,0% от всех выступлений, а абсолютными лидерами являются английские ученые – 23–25%. Можно ли это объяснить только языковым барьером? Вряд ли, так как оцениваются представленные на рассмотрение абстракты по очень конкретным наукометрическим показателям. Принятию доклада предшествует тщательный «слепой» отбор ведущими европейскими экспертами большого числа работ на основе разработанной организационным комитетом оценки новизны, дизайна исследования, объективности полученных результатов и их доказательности. Такую же картину мы видим и при анализе структуры публикаций в ведущих зарубежных ортопедических журналах: наши публикации за 20 лет составляют 0,05%, на 50% отечественных статей вообще нет ссылок, а из оставшейся половины в 82,2% публикаций цитируются работы академика Г.А. Илизарова\*.

Оценка по данным РИНЦ совокупной публикационной активности пяти научно-исследовательских учреждений травматологии и ортопедии, на-

ходящихся в ведении Минздрава России, выявила всего 171 статью за 5 лет во всех зарубежных ортопедических журналах, что в 2–6 раз меньше, чем у любого из отечественных учреждений, занимающих первые 10 строчек рейтинга.

Почему нас публикуют так редко? Ответ на этот вопрос лежит в результатах анализа 69 диссертационных исследований по нашей специальности (10 докторских и 59 кандидатских) за 2017 г., который выявил проблему научной глубины этих работ: только две из них соответствуют со значительной натяжкой второму уровню клинических исследований по градациям доказательной медицины, остальные работы – лишь III и IV уровнями\*\*.

Поэтому нам представляются крайне интересными и полезными «Рекомендации по оформлению дизайна статей», подготовленные А.П. Середой и М.А. Андриановой и публикуемые в этом выпуске. В них представлены готовые шаблоны схем дизайна и очень доходчиво описаны чек-листы для их проверки. Их использование позволит авторам более точно структурировать планируемые работы, а значит проводить и представлять исследования на более высоком уровне. Мы очень надеемся, что исследователи воспользуются этими рекомендациями в своей научной работе.

*главный редактор профессор Р.М. Тихилов  
заместитель главного редактора д-р мед. наук И.И. Шубняков  
член редколлегии д-р мед. наук С.А. Божкова*

\* Середя А.П., Андрианова М.А. [Анализ публикаций отечественных травматологов-ортопедов в зарубежных высоко-рейтинговых журналах](#). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(4):9-19. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-9-19.

\*\* Решетов И.В., Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Шубняков И.И. [Научная специальность «травматология и ортопедия» в 2017 г.: анализ выполненных диссертаций](#). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(3):9-18. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-9-18.

## Имеется ли клинический смысл в разделении врожденного вывиха бедра у взрослых на типы С1 и С2 по Hartofilakidis?

Р.М. Тихилов<sup>1,2</sup>, И.И. Шубняков<sup>1</sup>, А.О. Денисов<sup>1</sup>, Д.Г. Плиев<sup>1</sup>, М.И. Шубняков<sup>1</sup>, А.Г. Ваграмян<sup>3</sup>, А.И. Авдеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

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

### Реферат

Основные вопросы исследования: 1) в чем разница анатомических особенностей между типами высокого вывиха бедра С1 и С2 по Hartofilakidis; 2) различаются ли условия для выполнения эндопротезирования тазобедренного сустава (ТБС) у этих пациентов; 3) каковы результаты замены сустава в этих двух группах. **Материал и методы.** В одноцентровом исследовании мы оценили результаты 561 операции эндопротезирования ТБС, выполненных 349 пациентам с высоким вывихом бедра в сроки с 12 до 188 месяцев (в среднем 69,4). В 326 (58,1%) случаях вывих отнесен к типу С1, а в 235 наблюдениях (41,9%) классифицирован как тип С2. Среди пациентов было 32 мужчины (9,2%) и 317 женщин (90,8%). Средний возраст пациентов на момент операции составил у мужчин 39,1, у женщин — 48,1 лет. **Результаты.** В группе пациентов с вывихами типа С2 в 100% случаев была выполнена укорачивающая остеотомия по Raavilainen, а у пациентов с типом С1 — только в 50,6% случаев ( $p < 0,001$ ). Вертлужный компонент был имплантирован в истинную вертлужную впадину в 99,1% случаев при типе С2, а при типе С1 лишь в 69,0% ( $p < 0,001$ ). Латеральное недопокрытие вертлужного компонента у пациентов с типом С2 только в 3 случаях потребовало костной пластики аутогеновой бедренной кости, а при типе С1 — в 18 ( $p = 0,009$ ). В группе С2 длина остеотомированного фрагмента бедренной кости составила в среднем 78,6 мм в сравнении с 62,5 мм у пациентов с типом С1. Это обеспечило лучшую зону контакта большого вертела и бедра, что позволило в 92,8% случаев использовать для фиксации проволоочный серкляж и два винта. В группе пациентов с типом С1 это оказалось возможным лишь в 60,0% наблюдений. Отношение шансов для применения специальной пластины для фиксации вертела по первичным показаниям при типе С1 составило 10,367 ( $p = 0,008$ ). Показатели по Harris Hip Score улучшились в среднем с 39,5 баллов до 83,6 без статистически значимых различий между С1 и С2. Не было ни одного случая пареза седалищного нерва. Несращения большого вертела наблюдались почти с одинаковой частотой у пациентов с типами С1 и С2 и потребовали рефиксации в 27 (6,8%) случаях. В 11 случаях наблюдалось асептическое расшатывание чашки: в 1,7% при типе С2 и в 0,9% при типе С1 ( $p = 0,037$ ). Из других осложнений имелось 4 инфекции, 2 асептических расшатывания ножки, 11 асептических расшатываний вертлужного компонента и 5 рецидивирующих вывихов. **Заключение.** Группа пациентов с высоким вывихом бедра крайне гетерогенна по выраженности анатомических изменений и требует различной хирургической тактики. Простое разделение высокого вывиха бедра на типы С1 и С2, предлагаемое Hartofilakidis, позволит хирургу более осознанно подходить к выбору операции.

**Ключевые слова:** дисплазия тазобедренного сустава, высокий вывих бедра, классификация, эндопротезирование тазобедренного сустава.

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 С1 и С2 по Hartofilakidis? *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):9-24. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-9-24.

**Cite as:** 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?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):9-24. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-9-24.

✉ Шубняков Игорь Иванович / Igor I. Shubnyakov; e-mail: shubnyakov@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 30.07.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 31.08.2019.

## Is the Any Clinical Importance for Separation Congenitally Dislocated Hip in Adults into Types C1 and C2 by Hartofilakidis?

R.M. Tikhilov<sup>1,2</sup>, I.I. Shubnyakov<sup>1</sup>, A.O. Denisov<sup>1</sup>, D.G. Pliev<sup>1</sup>, M.I. Shubnyakov<sup>1</sup>, A.G. Vahramyan<sup>3</sup>, A.I. Avdeev<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

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

### Abstract

The main questions of the study: 1) is there any difference in anatomical features between subtypes C1 and C2 of high hip dislocation by Hartofilakidis classification; 2) are the conditions for performing the THA different and what are the surgical decisions; 3) what are the THA results in different groups? **Materials and Methods.** In a single center study the authors retrospectively evaluated the outcomes of 561 THAs performed in 349 patients with a high hip dislocation including 32 men (9.2%) and 317 women (90.8%) with the follow up from 12 to 188 months (average 69,4 months). In 326 cases (58.1%) the dislocation was assessed as type C1, and in 235 cases (41.9%) — as type C2. The average age of the patients at the time of surgery was 47.6 (19 to 74) years, for men — 39.1 years and 48.1 years for women. **Results.** Paavilainen shortening osteotomy was performed in 100% of patients with type C2 and only in 50.6% of patients with type C1,  $p < 0.001$ . The cup was implanted into the true acetabulum cavity in 99.1% of cases with type C2, and for type C1 only in 69.0% of cases,  $p < 0.001$ . Lateral under-coverage of the cup in patients with type C2 required supplementing by femoral head autograft only in three cases, and for type C1 — in 18 patients,  $p = 0.009$ . In the group of C2, the mean length of the osteotomized fragment of the proximal femur was 78.6 mm compared to 62.5 mm in patients with type C1. This provided a better contact area between the greater trochanter and the femur and in 92.8% of cases fixation was done by cerclage wires and two screws. In the group of patients with type C1, this option was feasible only in 60.0% of cases. Odds ratio (OR) for fixation of the greater trochanter by a special plate for primary indications in patients with type C1 were 10 367,  $p = 0.008$ . Harris Hip score improved averaged from 39.5 points to 83.6, without statistically significant differences between groups of C1 and C2. Early complications included 9 dislocations (1.6%), 8 cases of femoral nerve neuropathy (1.4%) and 3 early infections (0.5%). No cases of sciatic nerve paresis were observed. Non-union of the greater trochanter was observed with almost equal frequency in patients with C1 and C2 types, and revision fixation was needed in 27 patients (6.8%). Revision arthroplasty was performed in 22 cases (3.9%) due to 4 infections, 2 aseptic loosening of the stem, 11 aseptic loosening of the acetabular component and 5 recurrent dislocations. **Conclusion.** The group of patients with high hip dislocation is very heterogenic in terms of severity of anatomical changes and demands different surgical tactics. Hartofilakidis classification helps the surgeon to select the best type of the surgical procedure, minimize the mistakes and predict treatment outcomes.

**Keywords:** hip dysplasia, high hip dislocation, classification, hip arthroplasty.

### Введение

Наиболее эффективным методом хирургического лечения симптоматического артрита на сегодняшний день считается эндопротезирование тазобедренного сустава (ТБС), а одной из наиболее частых причин вторичного остеоартрита ТБС является прогрессирующая дисплазия [1, 2, 3, 4]. При этом диспластический остеоартрит в сравнении с идиопатическим, по мнению многих авторов, представляет существенно большую сложность для замены сустава, особенно в случае максимальной степени дисплазии ТБС с высоким вывихом бедра [5, 6, 7, 8]. В общей структуре эндопротезирования ТБС врожденный вывих бедра занимает сравнительно небольшое место — по данным норвежского регистра артропластики, менее 1% всех случаев замены сустава\*.

Обычно у пациентов с высоким вывихом бедра основными сложностями для эндопротезирования считают тяжелые анатомические изменения вертлужной впадины, ограничивающие надежную фиксацию чашки эндопротеза и затрудняющие выбор пары трения ввиду малого размера вертлужного компонента, а также значительное укорочение конечности и связанные с этим необходимость использования специальных хирургических технологий и трудность использования стандартного бедренного компонента [5, 6, 9, 10, 11]. В таких случаях установка вертлужного компонента в область истинной вертлужной впадины ведет к необходимости значительного удлинения оперируемой конечности, иногда до 8–9 см, что невозможно выполнить без серьезного повреждения окружающих сустав мышц и тракционного

\* Norwegian National Advisory Unit on Arthroplasty and Hip Fractures, Report, June 2018, <http://nrlweb.ihelse.net/eng/>

повреждения седалищного и бедренного нервов [12]. Для предупреждения этих осложнений замена сустава при значительном краниальном смещении головки бедра выполняется в сочетании с укорачивающей остеотомией бедренной кости, что позволяет удлинить конечность всего лишь на 2,0–3,5 см и обеспечить сохранность всех важных функциональных образований. Все потенциальные преимущества и недостатки различных вариантов подвертельной укорачивающей остеотомии и проксимальной укорачивающей остеотомии с дистальным перемещением большого вертела описаны во множестве научных публикаций [12, 13, 14, 15]. Однако имеются работы, демонстрирующие положительные результаты эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с высоким вывихом бедра без укорачивающей остеотомии [5, 16, 17, 18]. Возникают вопросы: насколько сопоставимы между собой эти клинические ситуации, когда требуется выполнение укорачивающей остеотомии, а когда можно ее избежать за счет краниального смещения вертлужного компонента и более глубокой посадки ножки эндопротеза, действительно ли речь идет об одном и том же типе дисплазии?

Для оценки степени дисплазии ТБС у взрослых было предложено множество классификационных систем [19, 20, 21, 22]. Наиболее часто используемой из них является классификация Stowe с соавторами, разработанная еще в 1979 г. [19]. Простое разделение на четыре типа в зависимости от степени краниального смещения головки относительно истинной вертлужной впадины, высчитываемое в процентах от высоты таза или диаметра головки, обеспечивает высокую надежность и воспроизводимость, однако не позволяет описать все возможные трудности предстоящего эндопротезирования. Другая достаточно популярная классификация Hartofilakidis с соавторами принимает в расчет как смещение головки, так и изменения вертлужной впадины и выделяет три степени — дисплазию (тип А), низкий вывих (тип В) и высокий вывих (тип С) [21]. В дальнейшем авторы разделили типы В и С на подтипы В1-В2 и С1-С2 [23]. Более того, в дальнейших исследованиях авторы показали разницу в клинических результатах у пациентов с типами С1 и С2 [24].

В нашей клинике ежегодно оперируется более 50 пациентов с высоким вывихом бедра. Основываясь на значительном опыте хирургического лечения данной патологии, мы попытались понять, в чем разница анатомических особенностей между типами С1 и С2 высокого вывиха бедра (1); различаются ли условия для выполнения эндопротезирования ТБС у этих пациентов (2) и каковы результаты замены сустава в этих двух группах наблюдения (3).

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Данная работа представляет собой одноцентровое ретроспективное исследование. С 2001 по 2016 г. в одном хирургическом отделении было выполнено 683 операции тотального эндопротезирования ТБС у пациентов с высоким вывихом бедра. Показанием к замене сустава являлся выраженный болевой синдром или необходимость в улучшении передвижения и повышения ежедневной активности. Мы ретроспективно оценили результаты 561 операции эндопротезирования, выполненных у 349 пациентов — 32 (9,2%) мужчин и 317 (90,8%) женщин. Таким образом, результаты лечения удалось проследить в 82,1% наблюдений в сроки с 12 до 188 мес. (в среднем 69,4 мес.). Судьбу остальных пациентов выяснить не удалось. Выполнен анализ медицинской документации, технических деталей проведения операции и оценка функции сустава в средне- и долгосрочном периодах в зависимости от рентгеноанатомических особенностей пациентов.

### Пациенты

Средний возраст пациентов на момент операции составил 47,6 лет (95% ДИ от 46,7 до 48,7). Возраст несколько различался у мужчин и женщин — 39,1 лет (от 20 до 66) и 48,1 лет (от 19 до 74) соответственно, но не было разницы в возрасте между пациентами с разными типами высокого вывиха. В 473 (84,3%) случаях эндопротезирование было первой операцией на суставе, в оставшихся 88 (15,7%) случаях у 82 пациентов на ТБС ранее были выполнены различные хирургические вмешательства (разные остеотомии бедра, открытые вправления вывиха, остеотомии таза и шельф-артропластика).

Информация из медицинской документации содержала половозрастную характеристику пациентов, сведения о продолжительности хирургического вмешательства и кровопотере. Клиническая оценка включала функциональный статус на основании шкалы Харриса и разницу в длине конечностей. Рентгенологический анализ выполнялся по обзорным рентгенограммам таза до и после операции. Измерялась позиция центра ротации головки бедренного компонента вертикально от линии, соединяющей «фигуры слезы» и горизонтально от линии Kohler. Также по рентгенограммам выполнена оценка абсолютной величины дистального перемещения большого вертела (по изменению положения верхушки большого вертела относительно линии, соединяющей «фигуры слезы»), зоны контакта вертела с латеральной поверхностью бедра, степени удлинения конечности и времени костного сращения остеотомированного фрагмента

большого вертела. Рентгенологическая разница в длине конечностей до операции определялась клинически и путем сравнения положения верхушек больших вертелов в оперируемом и контралатеральном суставах. Поскольку перемещение позиции верхушки большого вертела не было эквивалентно степени удлинения конечности, оценка удлинения производилась как разность при сравнении предоперационных и послеоперационных рентгенограмм с коррекцией на величину рентгеновского увеличения, как разность между величиной перемещения верхушки большого вертела относительно линии, соединяющей «фигуры слезы», и длиной зоны контакта большого вертела с бедренной костью.

### Хирургическая техника

Стандартное тотальное эндопротезирование ТБС с использованием прямого бокового доступа к суставу было выполнено в 144 (25,7%) случаях. Доступ с использованием слайд-остеотомии большого вертела применялся в 17 (3,0%) наблюдениях, в остальных 400 случаях применялась техника укорачивающей остеотомии по Паавилайнену [25]. Однако в отличие от оригинальной техники мы в большинстве случаев сохраняли место прикрепления *m. vastus lateralis*, частично отделяя данную мышцу от большого вертела только при наличии очень короткого фрагмента большого вертела [26].

После иссечения растянутой гипертрофированной капсулы сустава производилось определение положения истинной вертлужной впадины, обычно заполненной жировой тканью и иногда представляющей собой лишь узкую щель. С помощью ретракторов визуализировались передняя стенка (обычно очень тонкая и недоразвитая) и определялся задне-верхний запас кости, в направлении которого происходило формирование ложа для чашки, обычно начиная с самого малого размера фрезы — 36 мм. Если кость в области истинной впадины была склерозирована вследствие постоянного контакта с малым вертелом, вход в истинную впадину формировался с помощью долота, а уже потом путем обработки фрезой. Начиная с 39–40-го размера обработка впадины производилась в ручном режиме обратным ходом риммера для импакции ослабленной кости. Размер компонента определял передне-задний (сагиттальный) размер впадины, а при слишком тонкой задне-верхней стенке компонент устанавливался с некоторым каудальным смещением.

При избыточно узком канале кости выполнялась управляемая продольная остеотомия от 6 до 10 см с наложением превентивных проволочных серкляжей в дистальной и проксимальной части

до обработки рашпилями или коническими сверлами [26].

После транспозиции большого вертела стандартная процедура фиксации включала в себя проволочный серкляж и два кортикальных винта (3,5 мм). В случае длинного отломка проксимального отдела бедренной кости мы использовали больше винтов, а при чрезвычайно коротком фрагменте большого вертела применяли меньшее количество винтов или использовали специальную вертельную пластину. Избыточное удлинение *m. vastus lateralis*, возникающее в результате укорочения кости, компенсировалось ее подшиванием с дубликатурой в области основания большого вертела.

### Послеоперационное ведение

Антибиотикопрофилактика в большинстве случаев продолжалась в течение 24 ч после операции, но у пациентов с высоким уровнем риска инфекционных осложнений, особенно при наличии в анамнезе хирургических вмешательств на оперируемом суставе, использовались более длительные схемы введения антибиотиков. В качестве тромبو-профилактики использовался низкомолекулярный гепарин с переходом на варфарин или пероральные формы антикоагулянтов. Для профилактики вывихов использовался только ограничительный режим в отношении «опасных» движений и не применялись какие-либо внешние устройства (брейсы, повязки и пр.) В 1-й день после операции пациентам предлагалось выполнять статические упражнения для сокращения мышц и упражнения в голеностопном суставе. На 2–3-й день после операции пациентам разрешалось ходить с двумя костылями с ограничением нагрузки до веса конечности. Через 6 нед. им разрешили ходить на костылях с частичной нагрузкой, которая постепенно увеличивалась. Отказ от использования костылей происходил по мере ощущений пациента в отсутствии необходимости в дополнительной опоре (обычно не более 3 мес.).

### Статистический анализ

Полученные статистические данные были обработаны с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics for MacOS (версия 24). Для средних значений был рассчитан 95% доверительный интервал и продемонстрированы минимальные и максимальные значения в серии данных. Числовые параметры в группах и подгруппах сравнивались с помощью U-критерия Манна–Уитни и модуля ANOVA. Сопоставление частотной характеристики числовых критериев выполнено с помощью непараметрического критерия  $\chi^2$ . Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

### Вариабельность анатомических изменений

Двусторонний вывих в нашей группе наблюдался в 1,8 раза чаще, чем односторонний — у 224 (64,2%) и 125 (35,8%) пациентов соответственно. При этом двусторонний вывих типа С1 был выявлен у 74 из 224 пациентов (33,0%), типа С2 — у 64 (28,6%) пациентов, а наиболее распространенной была комбинация типов С1 и С2 — 86 (38,4%) наблюдений. Односторонний высокий вывих чаще классифицировался как С1 — 93 случая из 125 (74,4%). В группе с типом С1 в 1,6 раза чаще встречались пациенты с предшествующими хирургическими вмешательствами — 61 из 326 (18,7%), в сравнении с 27 из 235 (11,5%) в группе С2.

У пациентов с односторонним высоким вывихом в подавляющем большинстве случаев (109 (31,2%) пациентов) в контралатеральном суставе имелись диспластические изменения различной степени выраженности (типы А, В1 и В2), у трех (0,9%) пациентов ранее был выполнен артродез и у пяти (1,4%) пациентов уже имелись эндопротезы контралатерального тазобедренного сустава, но причину замены сустава установить не удалось. Только в 8 (2,3%) случаях в контралатеральных суставах не было очевидного патологического процесса.

У пациентов с односторонним высоким вывихом и комбинациями различных подтипов вывиха часто отмечалось недоразвитие половины таза на стороне более тяжелого вывиха, чего никогда не наблюдалось у пациентов с одинаковой степенью смещения бедра (рис. 1). При одностороннем процессе типа С2 отсутствовала разница в размерах половины таза только в 15,6% случаев (5 из 32), при одностороннем вывихе типа С1 — в 30,1% наблюдений (28 из 93) и у пациентов с комбинацией типов С1 и С2 — в 27,9% случаев (24 из 86).

Разумеется, что разница в длине конечностей, измеряемая по положению малого вертела относительно линии, соединяющей «фигуры слезы», была существенно больше в случае одностороннего вывиха. Однако реальная разница, оцениваемая с помощью телерентгенограмм нижних конечностей, во многих случаях оказывалась меньше, чем измеряемая по обзорным рентгенограммам таза\* (рис. 2). При этом средняя величина укорочения конечности была в 1,3 раза меньше у пациентов с вывихом типа С1 в сравнении с С2 ( $p < 0,001$ ) (табл. 1).

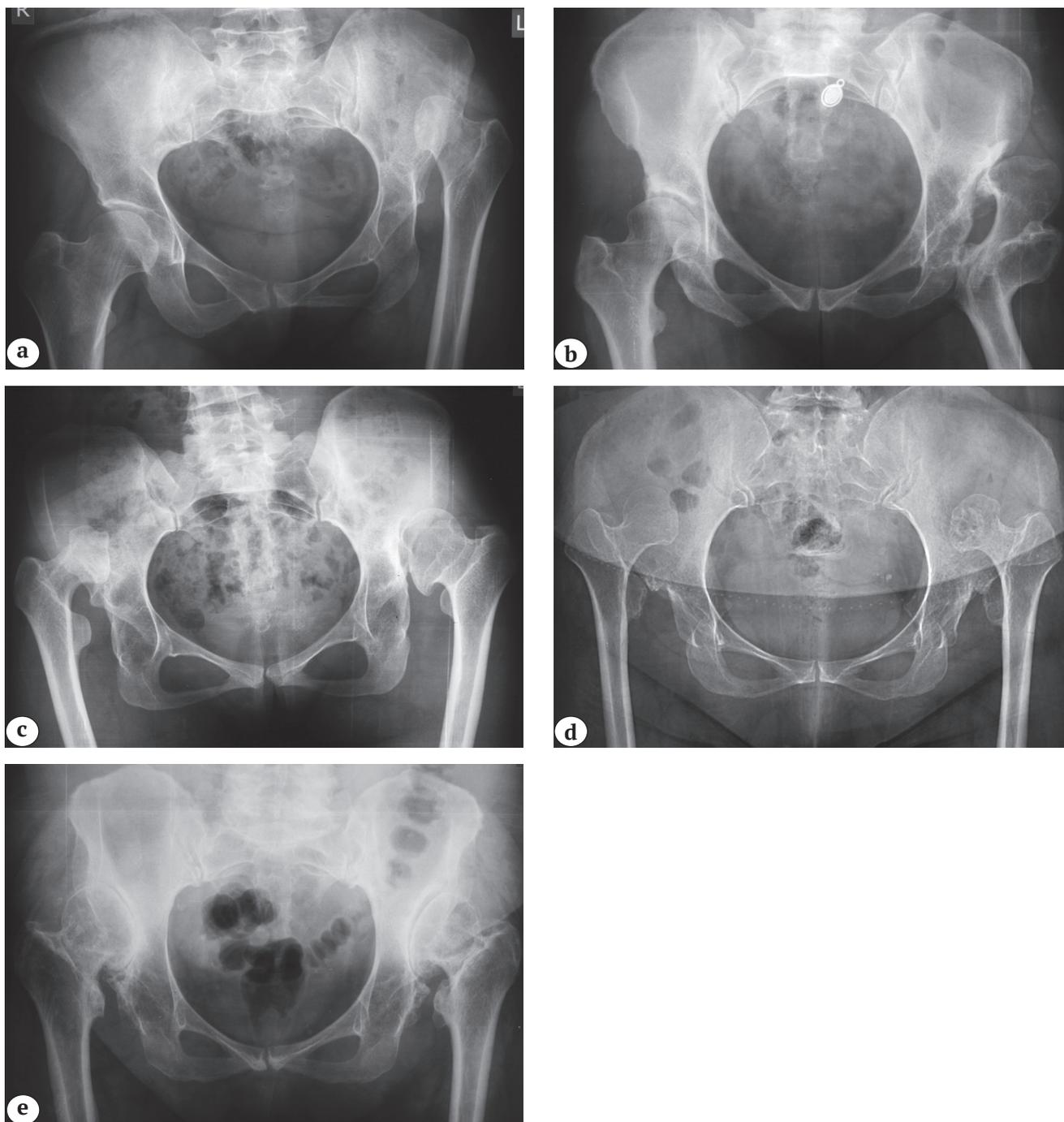
В случае контакта головки бедренной кости с костями таза (тип С1) во многих случаях формировалась ложная впадина, которая могла иметь вид склерозированной пластинки, а могла быть представлена мощным надцетабулярным остеофитом, который мог служить дополнительной опорой для вертлужного компонента (рис. 3). Кроме того, у пациентов с типом С1 в подавляющем большинстве случаев наблюдалась более развитая форма проксимального отдела бедра, средний офсет составил 50,1 (37–63) мм в сравнении с 44,3 (34–52) мм при типе С2 ( $p < 0,001$ ) (рис. 4).

### Особенности эндопротезирования ТБС при разных типах высокого вывиха

Был обнаружен ряд особенностей при выполнении операции по замене тазобедренного сустава — укорачивающая остеотомия была выполнена в 100% случаев у пациентов с типом С2 и только в 50,6% случаев (165 суставов) с типом С1 ( $p < 0,001$ ). При типе С1 в 17 случаях (5,2%) использовалась слайд-osteotomia (15 наблюдений) или подвертельная остеотомия (2 наблюдения), остальные 144 (44,2%) операции выполнены из стандартного прямого наружного доступа (табл. 2).

Вертлужный компонент был имплантирован в истинную вертлужную впадину в 99,1% случаев при типе С2, а при типе С1 лишь в 69,0% ( $p < 0,001$ ). Краниальное смещение центра ротации у пациентов с типом С2 было допущено только в двух случаях в пределах 7 мм, а при типе С1 — у 101 (31,0%) пациента, при этом средняя величина смещения при типе С1 составила всего лишь 2,6 мм, но в отдельных случаях достигала 3 см. Латеральное недопокрытие вертлужного компонента у пациентов с типом С2 колебалось от 0 до 35%, но в среднем составило всего 8,6%, при этом только в трех случаях выполнялась костная пластика аутоголовкой бедренной кости. У пациентов с типом С1 средняя величина недопокрытия составила 14,7%, а в 18 случаях превышала 30%, что потребовало костной пластики аутоголовкой бедренной кости ( $p = 0,009$ ). При типе С2 вследствие наличия рудиментарной вертлужной впадины в 225 (95,7%) случаях использовались вертлужные компоненты диаметром 44–46 мм, а при типе С1 только в 189 (58,0%) наблюдениях ( $p < 0,001$ ) (табл. 2).

\* Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Бояров А.А., Черкасов М.А. Нюансы предоперационного планирования тотального эндопротезирования у пациентов с дисплазией тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(4):5-14. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4.



**Рис. 1.** Различные варианты сочетания вывихов и их влияние на размеры таза:  
 а — односторонний вывих С2, значительно меньший размер половины таза на стороне вывиха;  
 б — односторонний вывих С1, значительно меньший размер половины таза на стороне вывиха;  
 с — комбинация двух типов вывихов (С2 справа и С1 слева), отмечается меньшая высота половины таза на стороне С2;  
 д — двусторонний вывих С2 — одинаковые размеры левой и правой половин таза;  
 е — двусторонний вывих С1 — также одинаковые размеры левой и правой половин таза

**Fig. 1.** Various combinations of dislocations and their impact on pelvis dimensions:  
 а — unilateral C2 dislocation, significantly smaller size of pelvis part on the side of dislocation;  
 б — unilateral C1 dislocation, significantly smaller size of pelvis part on the side of dislocation;  
 с — combination of two dislocation types (C2 on the right and C1 on the left), lower height of pelvic part on side of C2;  
 д — bilateral C2 dislocation — same dimensions of pelvis on both sides;  
 е — bilateral C1 dislocation — same dimensions of pelvis on both sides



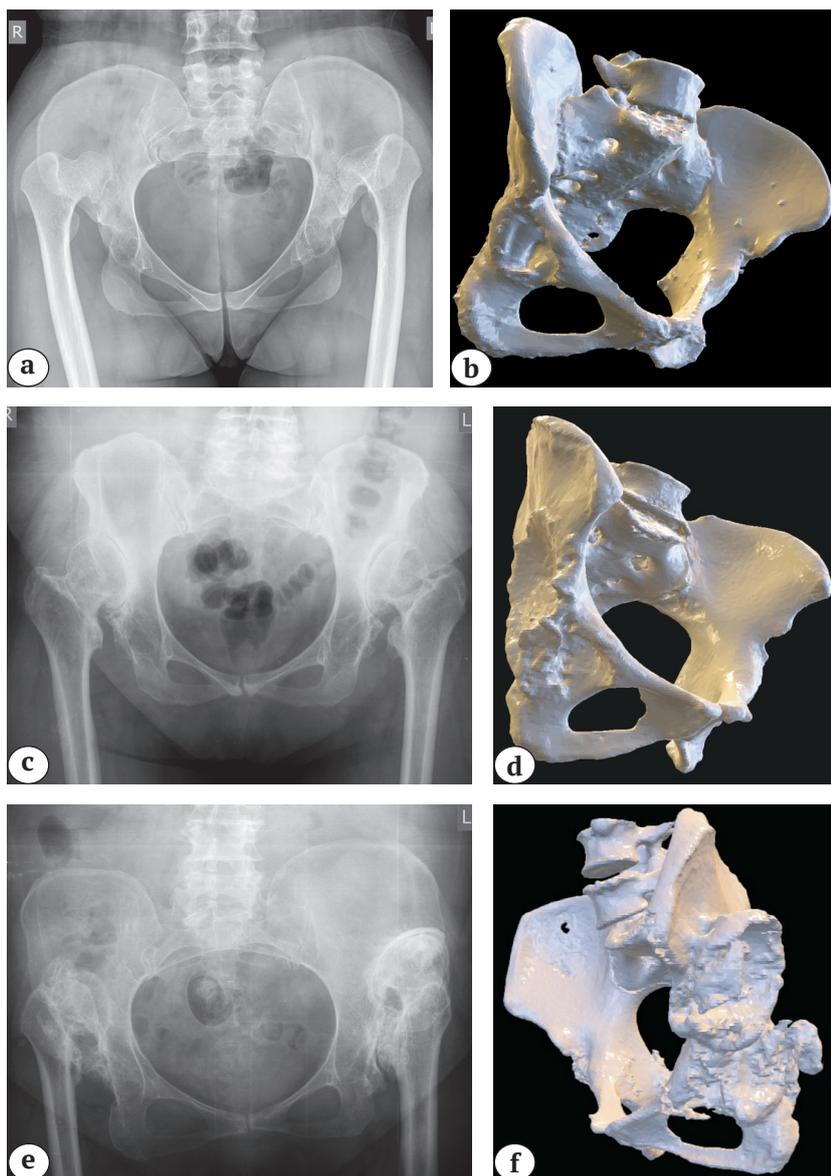
**Рис. 2.** Рентгенограммы пациентки 48 лет с односторонним высоким вывихом бедра типа C2 по Hartofilakidis: а — при планировании операции по обзорной рентгенограмме таза величина укорочения оперируемой конечности составляет 65,3 мм; б — при оценке длины нижних конечностей на телерентгенограммах определяется удлинение правой голени на 6 мм, а правого бедра — 14,1 мм в сравнении с контралатеральной конечностью. Соответственно ошибка измерения по рентгенограмме таза составляет 20,1 мм, а величина необходимой коррекции длины — 45,2 мм

**Fig. 2.** X-rays of female patient, 48 y.o., unilateral high hip dislocation of C2 by Hartofilakidis: а — shortening of the operated limb amounts to 65.3 mm by planning based on the overall pelvis X-ray; б — right tibia shortening of 6mm and right femur shortening of 14.1 mm identified based on teleroentgenograms in comparison to contralateral limb. Correspondingly, the measurement error basing on pelvis X-ray amounts to 20.1 mm, and the value of length correction is 45.2 mm

Таблица 1

**Анатомические особенности пациентов с типами C1 и C2 вывихов по классификации Hartofilakidis**

Показатель	Группа		Значение <i>p</i>	Итого
	C1	C2		
Всего ТБС, <i>n</i> (%)	326 (58,1%)	235 (41,9%)	–	561 (100)
Возраст, средний (мин-макс), годы	48,7 (23–74)	46,8 (19–74)	0,098	47,6 (19–74)
Величина смещения головки бедренной кости, среднее (мин-макс), мм	47,6 (29–55)	63,4 (41–78)	<0,001	52,8 (29–78)
Офсет бедра от оси бедра до центра головки бедренной кости, средний (мин-макс), мм	50,1 (37–63)	44,3 (34–52)	<0,001	47,2 (34–63)
Наличие надацетабулярного остеофита, <i>n</i> (%)	203 (62,3%)	0	<0,001	203 (36,2)



**Рис. 3.** Рентгенограммы таза и 3D-визуализация вертлужной впадины у пациентов с различными вариантами вывиха: а, b — отсутствие ложной впадины при типе C2 вывиха; с, d — ложная впадина при типе C1, представленная зоной склероза подвздошной кости; е, f — полноценная ложная впадина с мощным наацетабулярным остеофитом, позволяющая произвести краниальное смещение вертлужного компонента

**Fig. 3.** Pelvis X-rays and 3D visualization of the acetabulum in patients with different dislocation patterns: а, b — no false acetabulum in C2 type; с, d — false acetabulum in C1 type represented by a sclerotic zone in the iliac bone; е, f — full-fledged false cavity with massive supraacetabular osteophyte which allows to perform cranial displacement of the acetabular component



**Рис. 4.** Рентгенограмма таза пациентки 48 лет с двусторонним высоким вывихом: слева тип C2, визуализируется типичная форма проксимального отдела бедра — узкий круглый канал с плохо выраженной шейкой и головкой бедренной кости; справа типа C1 — бедренный канал имеет ярко выраженную клиновидность, головка и шейка имеют нормальные размеры

**Fig. 4.** Pelvis X-ray of female patient, 48 y.o., bilateral high dislocation: C2 type on the left, visualization of the typical proximal femur shape — narrow round canal with ill-defined femoral neck and head; C1 type on the right — clear taper type femoral canal, normal dimensions of femoral neck and head

Таблица 2

**Хирургические особенности эндопротезирования у пациентов с вывихами типов С1 и С2 по классификации Hartofilakidis**

Показатель	Группа		Значение <i>p</i>
	С1	С2	
Укорачивающая остеотомия, <i>n</i> (%)	165 (50,6)	235 (100)	<0,001
Слайд-osteotomia или подвертельная остеотомия бедра, <i>n</i> (%)	17 (5,2)	0	<0,001
Стандартный доступ, <i>n</i> (%)	144 (44,2)	0	<0,001
Позиционирование чашки в область истинной впадины, <i>n</i> (%)	225 (69,0)	233 (99,1)	<0,001
Высокая позиция чашки, <i>n</i> (%)	101 (31,0)	2 (0,9)	<0,001
Смещение центра ротации в краниальном направлении, среднее (мин-макс), мм	2,6 (0–30)	0,05 (0–7)	<0,001
Латеральное недопокрытие чашки, среднее (мин-макс), % *	14,7 (0–44)	8,6 (0–35)	0,038
Костная пластика аутоголовкой бедра, <i>n</i> (%)	18 (5,5)	3 (1,3)	0,009
Длина остеотомированного фрагмента большого вертела, среднее (мин-макс), мм	62,5 (39–86)	78,6 (39–120)	<0,001
Протяженность зоны контакта большого вертела с бедром, средняя (мин-макс), мм	28,5 (12–54)	44,6 (19–66)	<0,001
Степень контакта большого вертела (длина фрагмента к протяженности зоны контакта), средняя (мин-макс), %	47,1 (24–76)	56,7 (30–96)	<0,001
Удлинение конечности во время операции, среднее (мин-макс), мм	25,3 (12–35)	28,9 (18–34)	0,723
Стандартная методика фиксации большого вертела, <i>n</i> (%)	99 из 165 (60,0)	218 (92,8)	<0,001
Нестандартная методика фиксации, <i>n</i> (%)	66 из 165 (40,0)	17 (7,2)	<0,001
Использование вертельной пластины, <i>n</i> (%)	7 из 165 (4,2%)	1 (0,4%)	<0,008
Использование диспластических бедренных компонентов типа Wagner Cone, <i>n</i> (%)	106 (32,5)	228 (97,0)	<0,001
Использование вертлужных компонентов диаметром 44–46 мм, <i>n</i> (%)	189 (58,0)	225 (95,7)	<0,001
Всего ТБС, <i>n</i> (%)	326 (100)	235 (100)	–

\* Tikhilov R., Shubnyakov I., Burns S., Shabrov N., Kuzin A., Mazurenko A., Denisov A. Experimental study of the installation acetabular component with uncoverage in arthroplasty patients with severe developmental hip dysplasia. *Int Orthop.* 2016;40(8):1595-1599. doi: 10.1007/s00264-015-2951-z.

В группе С2 за счет большей степени укорочения длина остеотомированного фрагмента бедренной кости была статистически значимо больше и составила в среднем 78,6 мм в сравнении с 62,5 мм у пациентов с типом С1. Это обеспечило лучшую зону контакта большого вертела и позволило в большинстве случаев (92,8%) использовать

стандартную схему его фиксации — проволочный серкляж и два винта. В группе пациентов с типом С1 такая схема фиксации оказалась возможна лишь у 99 из 165 (60,0%) пациентов, а в остальных случаях применялись другие варианты фиксации, включая 7 (4,2%) случаев использования вертельной пластины по первичным показаниям (табл. 2).

При типе С2 из-за необходимости глубокой посадки ножки в чрезвычайно узкий канал бедренной кости в 97,0% операций использовались диспластические бедренные компоненты типа Wagner Cone, а стандартные бедренные компоненты применялись лишь в 7 (3,0%) наблюдениях, в то время как при типе С1 конические ножки для первичной артропластики применялись всего в 106 наблюдениях (32,5%), т.е. отношение шансов использовать конические компоненты при типе С2 в сравнении с С1 составило OR = 67,601 (95% ДИ от 30,773 до 148,504,  $p < 0,001$ ).

В целом по группе средняя длительность операции по замене сустава составила 118 мин (95% ДИ от 115 до 121, с очень большой гетерогенностью — минимум 55, а максимум 250 мин), а кровопотеря 487 мл (95% ДИ от 445 до 528, минимум 50, а максимум 3400 мл). При этом отмечалась статистически значимая разница между пациентами с предшествующими операциями на суставе и без — 133 мин (95% ДИ от 122 до 143) и 114 мин (95% ДИ от 111 до 117) соответственно ( $p < 0,01$ ), но

не было статистически значимой разницы между подгруппами с типами С1 и С2 как по длительности операции, так и по кровопотере —  $p = 0,644$  и  $p = 0,111$  соответственно.

В случае выполнения операции без укорачивающей остеотомии длительность вмешательства была несколько меньше — 115 мин (95% ДИ от 105 до 126 мин) в сравнении с 122 мин (95% ДИ от 115 до 129 мин),  $p = 0,07$ , но кровопотеря в среднем оказалась выше — 576 мл (95% ДИ от 437 до 715 мл) в сравнении с 419 мл (95% ДИ от 357 до 481 мл),  $p = 0,02$ .

*Результаты замены ТБС у пациентов с разными типами высокого вывиха*

Функциональный статус пациентов, выражаемый в показателях Harris Hip score, улучшился в среднем с 39,5 баллов до 83,6 без статистически значимых различий между С1 и С2. Отмечались несколько более высокие показатели Harris Hip score после операции в группе пациентов с С1

Таблица 3

**Осложнения и частота ревизий при вывихах типов С1 и С2 по классификации Hartofilakidis**

Показатель	Группа		Значение $p$	Итого
	С1	С2		
<b>Осложнения</b>				
Несращение большого вертела, $n$ (%)	14 из 165 (8,5%)	19 (8,1%)	0,887	33 (8,4%)
Вывихи, $n$ (%)	5 (1,5%)	4 (1,7%)	0,876	9 (1,6%)
Инфекция, $n$ (%)	1 (0,3%)	2 (0,8%)	0,384	3 (0,5%)
Раннее асептическое расшатывание чашки (в течение 2 лет), $n$ (%)	1 (0,3%)	2 (0,8%)	0,384	3 (0,5%)
Нейропатия бедренного нерва, $n$ (%)	4 (1,2%)	4 (1,7%)	0,64	8 (1,4%)
Всего, $n$ (%)	25 (7,7%)	31 (13,2%)	0,032	56 (10,0%)
<b>Ревизии</b>				
Ревизии вследствие глубокой инфекции, $n$ (%)	2 (0,6%)	2 (0,8%)	0,742	4 (0,7%)
Ревизии вследствие расшатывания вертлужного компонента, $n$ (%)	3 (0,9%)	8 (3,4%)	0,037	11 (1,9%)
Ревизии вследствие расшатывания бедренного компонента, $n$ (%)	1 (0,3%)	1 (0,4%)	0,816	2 (0,3%)
Ревизии вследствие рецидивирующих или невосправляемых вывихов, $n$ (%)	3 (0,9%)	2 (0,8%)	0,932	5 (0,9%)
Всего, $n$ (%)	9 (2,8%)	13 (5,5%)	0,096	22 (3,9%)

без укорачивающей остеотомии в сравнении с остеотомией — 84,7 и 79,9 соответственно, но данные различия также не были статистически значимыми.

Ранние осложнения включали 9 (1,6%) вывихов, 8 (1,4%) случаев невротии бедренного нерва и 3 (0,5%) ранние инфекции. Не было ни одного случая пареза седалищного нерва. Реоперации по поводу несращения большого вертела с целью его рефиксации были выполнены 27 (6,8%) пациентам, еще у 6 пациентов несращение вертела не сопровождалось болевым синдромом, и пациенты продолжают находиться под наблюдением.

Ревизии эндопротеза в данной группе пациентов выполнены в 22 (3,9%) случаях — 3 по поводу ранней инфекции, одна по поводу поздней инфекции через 6,5 лет после операции, 2 по причине расшатывания бедренного компонента, 11 ввиду расшатывания вертлужного компонента и оставшиеся 5 по поводу рецидивирующих или невправимых вывихов, один из которых произошел через 11 лет после операции вследствие перелома полиэтиленового вкладыша на фоне истирания (табл. 3).

### Обсуждение

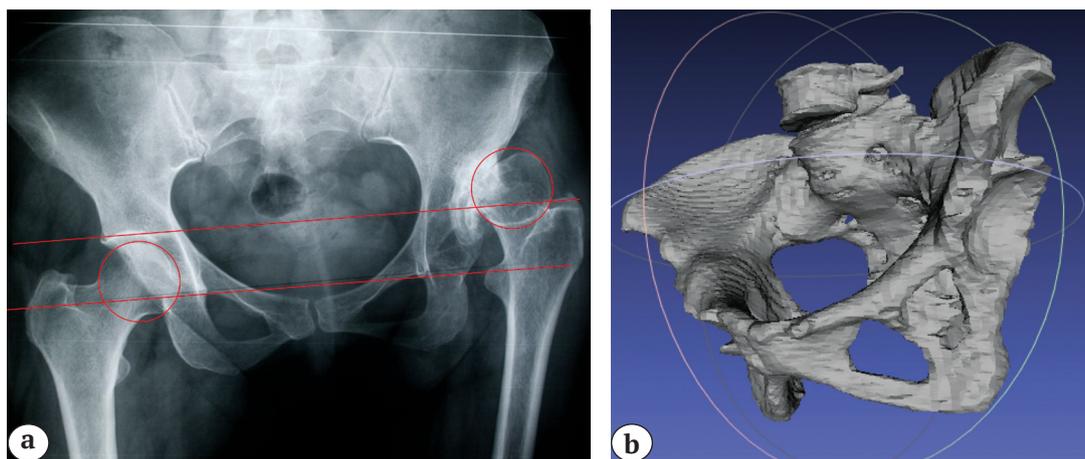
Высокий вывих бедра у взрослых — редко встречающаяся патология в развитых странах, что обусловлено повсеместным тотальным скринингом новорожденных, позволяющим на ранних сроках жизни ребенка устранить проблему консервативными или хирургическими методами. В то же самое время существуют эндемичные районы, где распространенность данной врожденной патологии в разы или даже десятки раз превышает среднестатистические показатели, а удаленность проживания пациентов от крупных медицинских центров не позволяет своевременно распознать проблему, что приводит к превышению числа таких случаев в популяции и увеличивает их долю в структуре первичного эндопротезирования ТБС. Согласно данным регистра эндопротезирования ТБС «РНИИТО им. Р.Р. Вредена», в Российской Федерации наибольшая доля высокого вывиха в структуре первичного эндопротезирования отмечается у пациентов из Северо-Кавказского региона [27].

Проблемы высокого вывиха бедра достаточно активно обсуждаются в специальной литературе, однако количество пациентов, как правило, ограничивается двумя-тремя десятками наблюдений [14, 17, 18, 28, 29] за исключением мета-

анализов [30], при этом в большинстве научных публикаций все пациенты объединены в единую категорию — Crowe IV. Эта классификация активно используется хирургами, но она отражает только степень смещения головки бедренной кости относительно истинной вертлужной впадины. Соответственно, тип Crowe IV — это всего лишь полный вывих, но остаются открытыми вопросы: насколько высоко смещена головка, имеется ли отсутствует надацетабулярный остеофит, какова форма канала бедренной кости? Следовательно, непонятно, необходимо ли выполнение укорачивающей остеотомии или возможно краниальное смещение вертлужного компонента, которое позволит не производить значительное удлинение конечности?

Наше исследование демонстрирует, что группа пациентов с высоким вывихом бедра крайне гетерогенна по выраженности анатомических изменений. Степень проксимального смещения головки бедренной кости может различаться более чем в два с половиной раза — от 29 до 78 мм. При контакте головки с телом подвздошной кости может сформироваться лишь участок уплотненной кости, а может развиться выраженная ложная вертлужная впадина, способная даже стать полноценным ложем для чашки эндопротеза. Наконец, проксимальный отдел бедренной кости может представлять из себя недоразвитую трубку с узким каналом и зачатками головки и шейки, а может выглядеть как абсолютно полноценная бедренная кость с нормальными размерами канала, шейки и головки. Из этого анатомического многообразия вытекает разнородность методов лечения и существенная разница в результатах, обусловленных, к тому же, весьма незначительными сериями наблюдений.

Разумеется, существуют значительно более подробные классификации, такие как классификация M. Gaston с соавторами [20], но они носят скорее описательный характер, чем являются руководством к действию при выборе хирургической тактики, поэтому не нашли широкого применения в клинической практике. По-нашему мнению, в отличие от них простое разделение высокого вывиха бедра на типы C1 и C2, предлагаемое G. Hartofilakidis с соавторами, имеет глубокий клинический смысл, поскольку в нем заложены анатомические особенности взаимоотношений между головкой бедренной кости и вертлужной впадины, что, собственно говоря, и определяет особенности операции.



**Рис. 5.** На обзорной рентгенограмме таза головка смещена краниально примерно на 75% ее высоты (а), соответственно это тип Crowe III, но при 3D-реконструкции КТ-изображения четко видно, что имеется полный вывих головки бедренной кости (Crowe IV или тип C2 по Hartofilakidis) — истинная и ложная впадина не имеют общего пространства (b)

**Fig. 5.** Overall pelvis X-ray — femoral head is displaced cranially approximately at 75% of its height (a), correspondingly, it's Crowe III type, however, 3D reconstruction of CT views demonstrates complete dislocation of the femoral head (Crowe IV or C2 type by Hartofilakidis) — true and false cavities have no common space (b)

При типе C2 имеется лишь истинная рудиментарная вертлужная впадина, при этом головка бедренной кости располагается в мягких тканях и не имеет контакта с костью. У хирурга есть только одна возможность корректной установки вертлужного компонента — в истинную вертлужную впадину. При типе C1 существуют две вертлужных впадины — истинная, заполненная жировой тканью, и ложная, с которой контактирует головка бедренной кости. Положение истинной и ложной впадин относительно друг друга крайне вариабельно, что обусловлено положением головки бедренной кости, и потому тип C1 на плоскостных рентгенограммах может выглядеть даже, как Crowe III, но это будет полноценный вывих с полным отсутствием контакта головки и истинной вертлужной впадины (рис. 5) [31]. В этом случае также предпочтение отдается анатомическому положению чашки, однако наличие достаточного костного запаса в надацетабулярной зоне в виде остеофита или ложной впадины позволяет сместить чашку краниально без потери качества ее фиксации.

В научной литературе описывается несколько способов эндопротезирования ТБС при высоком врожденном вывихе бедра. Подавляющее большинство иностранных авторов придерживается мнения о необходимости укорачивающей остеотомии с одновременной установкой компонентов эндопротеза [10, 12, 13, 14, 15, 24, 30]. Но имеются работы, свидетельствующие о возможности замены сустава без остеотомии, но с краниальным смещением центра ротации [17, 18].

В русскоязычной литературе встречаются методики двухэтапного лечения, когда первым этапом производится остеотомия шейки бедренной кости и выполняется удлинение конечности в аппарате внешней фиксации или путем скелетного вытяжения в течение некоторого времени, а уже вторым этапом осуществляется установка компонентов эндопротеза [5, 16]. Есть также работы, призывающие устанавливать вертлужный компонент в ложную впадину, чтобы избежать избыточного удлинения конечности [16, 32]. Данная технология может быть успешной, но если произойдет расшатывание вертлужного компонента, возникает потребность в удалении хорошо фиксированного бедренного компонента из-за невозможности низведения конечности до требуемого уровня при установке ревизионного вертлужного компонента близко к истинному центру ротации [26, 33]. Наличие только рудиментарной вертлужной впадины при типе C2 заставляет использовать почти в 96% случаев крайне малые размеры вертлужного компонента — 44–46 мм, что требует компромиссного решения — использования очень тонкого полиэтиленового вкладыша в сочетании с головкой 28 мм или использования малого размера головки (22–26 мм), но в сочетании с более толстым вкладышем. Второе решение при выполнении укорачивающей остеотомии существенно повышает вероятность развития вывиха, поэтому мы в нашей практике всегда применяли головки диаметром 28 мм. В противовес этому при типе C1 такой размер вертлужных компонентов использовался только в 58% наблюдений, а отношение шан-

сов применения вертлужных компонентов малого диаметра при типе C2 в сравнении с C1 составило OR = 16,310 (95% ДИ от 8,341 до 31,889;  $p < 0,001$ ).

Функциональные результаты замены тазобедренного сустава, представленные в литературе, так же, как и в нашем исследовании, существенно хуже, чем при стандартном первичном эндопротезировании, что связано не только со сложностью выполнения операции, но и с системными изменениями всего скелета — деформациями костей нижних конечностей, вальгусной установкой в коленных суставах, длительным нарушением позвоночно-тазовых взаимоотношений [4, 11, 18, 29, 34].

Частота ревизий в нашем исследовании при среднем сроке наблюдения почти в 6 лет составила всего лишь 3,9%, что немногим больше среднего уровня для соответствующей возрастной группы. Но если считать уровень осложнений и частоту повторных операций для рефиксации большого вертела, то совокупное число возможных проблем становится весьма значительным. Соответственно, нельзя оценивать масштаб проблемы только на основании показателей выживаемости эндопротеза.

Можно ли в этом случае считать, что большая часть неудач связана с методикой операции? В доступной литературе основная масса исследователей предпочитают использовать различные варианты подвертельной остеотомии, априори считая их более корректной техникой операции [7, 12, 14], но при этом мы не обнаружили публикаций, сравнивающих результаты подвертельной остеотомии и остеотомии по Raavilainen. В свою очередь, публикаций, отражающих результаты использования проксимальной остеотомии с перемещением большого вертела (Raavilainen), существенно меньше, но они также демонстрируют высокую эффективность [13, 15, 25, 35]. Интересно, что критики проксимальной остеотомии с перемещением большого вертела обычно сообщают о высокой частоте осложнений, связанных с его несращением, основываясь при этом исключительно на данных выше обозначенных публикаций, но при этом показывают сходный уровень проблем, присущих уже подвертельной остеотомии [12, 28]. При этом среди изученных нами работ только в двух сериях наблюдений насчитывали более 70 случаев подвертельной остеотомии [9, 36], в то время как самое первое сообщение Т. Raavilainen с соавторами обобщало опыт более сотни операций [35].

Тем не менее именно проблема сращения большого вертела является одной из самых значимых при выполнении укорачивающей остеотомии по Raavilainen. Как демонстрирует наше исследование, несмотря на статистически значимую большую среднюю величину зоны контакта большого

вертела с бедренной костью при типе C2, частота несращений практически не различалась в группе с разными типами высокого вывиха. Вероятно, на частоту несращений оказывают сильное влияние смешивающие факторы, которые невозможно адекватно оценить — конгруэнтность костных фрагментов в зоне контакта, прочность фиксации, кровоснабжение кости, прилагаемые пациентами нагрузки и прочие. Кроме того, в нашей серии наблюдений только в 83,2% случаев (467 суставов) использовалась стандартная схема фиксации, а почти в 17% наблюдений использовались другие схемы. В целом, складывается впечатление, что величина перекрытия большого вертела имеет большое значение, но в случаях явного ограничения контакта в нашей практике по возможности использовалась вертельная пластина для фиксации костных фрагментов. В свою очередь, мы наблюдали несращение вертела при типе C2, когда зона контакта составляла более 60 мм, т.е. более 75% длины костного фрагмента, а фиксация осуществлялась тремя винтами. Возможно, причиной несращения в таких случаях являлось значимое нарушение эндостального кровотока на фоне экстремальной обработки кости коническими сверлами вследствие крайне узкого костномозгового канала.

Основным итогом нашего исследования можно считать понимание существенной анатомической разницы между двумя типами высокого вывиха — C1 и C2. При схожем числе осложнений и сопоставимом уровне ревизий в этих случаях приходится сталкиваться с разными проблемами. Основную трудность при типе C2 представляет надежная фиксация вертлужного компонента. Рудиментарная вертлужная впадина требует использования минимальных размеров чашки эндопротеза, и фиксация зачастую достигается не пресс-фит эффектом, а дополнительным введением чашечных винтов. При этом невозможно обеспечить более надежную фиксацию за счет краниального смещения центра ротации. Вышесказанное в совокупности с недостаточным качеством костной ткани привели к расшатыванию чашки в достаточно ранние сроки у 8 (3,4%) пациентов. Отношение шансов для асептического расшатывания вертлужного компонента в средние сроки 5,5 лет при типе C2 в сравнении с C1 составляет OR = 3,794 (95% ДИ от 0,996 до 14,458,  $p = 0,037$ ). Вероятно, по мере увеличения сроков наблюдения количество случаев асептического расшатывания вертлужного компонента будет пропорционально нарастать. В последние 3 года у пациентов пожилого возраста с выраженным остеопорозом вертлужной впадины мы стали использовать чашки с дополнительным подвздошным фланцем, индивидуально изготовленные методом 3D-печати. Зато выраженное

краниальное смещение бедра позволяет выделить достаточно длинный фрагмент большого вертела, который без значительных трудностей транслоцируется на наружную поверхность бедренной кости. Установка проволочного серкляжа и двух винтов обычно не представляет проблем, но избыточно тонкий канал бедренной кости, и соответственно нарушенный эндостальный кровоток, могут быть препятствием для полноценного костного сращения остеотомированного фрагмента большого вертела с бедренной костью.

В свою очередь, при типе С1 можно рассматривать два сценария эндопротезирования. При умеренном укорочении и наличии надацетабулярного остеопита можно обойтись без укорачивающей остеотомии, что уменьшает длительность хирургического вмешательства, но требует краниального смещения центра ротации. Лимитирующей величиной мы считаем 2,5 см, однако современные технологии визуализации и прототипирования позволяют персонифицировать принятие решения, более точно оценить площадь контакта имплантата с костью, оптимизировать положение винтов. Другой сценарий предполагает также использование укорачивающей остеотомии и установку вертлужного компонента близко к истинному центру ротации, но при этом длина остеотомированного фрагмента большого вертела существенно меньше, а наличие костных остеопитов, натягивающих мягкие ткани, затрудняет низведение большого вертела, тем самым ограничивая его контакт с бедренной костью. В этом случае хирург должен быть готов использовать для фиксации большого вертела специальную пластину, отношение шансов для использования вертельной пластины по первичным показаниям для типа С1 в сравнении с С2 составило  $OR = 10,367$  (95% ДИ от 1,263 до 85,086,  $p = 0,008$ ).

Таким образом, высокий вывих бедра типа С2 предполагает во всех случаях выполнение укорачивающей остеотомии бедренной кости, анатомическое расположение вертлужного компонента малых размеров, достаточно свободное низведение большого вертела с возможностью фиксации фрагмента двумя винтами и серкляжом. При типе С1 вероятность выполнения укорачивающей остеотомии составляет 50%, краниальное смещение вертлужного компонента — 31%, а затруднения с низведением большого вертела с использованием нестандартных схем фиксации большого вертела — 40%. Разделение всех случаев на эти два типа высокого вывиха бедра по анатомическому признаку позволит хирургу более осознанно подходить к выбору операции, тем самым минимизировать ошибки и иметь более предсказуемые результаты лечения.

### Этика публикации

Пациенты дали добровольное информированное согласие на 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.

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

*Денисов А.О.* — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

*Плиев Д.Г.* — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

*Шубняков М.И.* — сбор и обработка материала, проведение исследований, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста.

*Ваграмян А.Г.* — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

*Авдеев А.И.* — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

### Литература [References]

1. Кирпичев И.В. Структура коксартроза в различных возрастных группах у больных, нуждающихся в первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;(3). Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17327>. Kirpichev I.V. [The structure of coxarthrosis in various age groups in patients requiring primary hip replacement]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015;(3). Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17327>. (In Russian).
2. Oner A., Koksal A., Sofu H., Aykut U.S., Yildirim T., Kaygusuz M.A. The prevalence of femoroacetabular impingement as an aetiologic factor for end-stage degenerative osteoarthritis of the hip joint: analysis of 1,000 cases. *Hip Int*. 2016;26(2):164-168. doi: 10.5301/hipint.5000323.
3. Mulcahy H., Chew F.S. Current concepts of hip arthroplasty for radiologists: part 2, revisions and complications. *Am J Roentgenol*. 2012;199(3):570-580. doi: 10.2214/AJR.12.8844.
4. Kosuge D., Yamada N., Azegami S., Achan P., Ramachandran M. Management of developmental dysplasia of the hip in young adults: current concepts. *Bone Joint J*. 2013;95-B(6):732-737. doi: 10.1302/0301-620X.95B6.31286.
5. Абельцев В.П., Переярченко П.В., Крымзлов В.Г., Мохирев А.А. Диспластический коксартроз: спираль развития его лечения. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2015;(4):9-15. Abeltsev V.P., Pereyarchenko P.V., Krymzlov V.G., Mokhirev A.A. [Dysplastic coxarthrosis: a spiral in the development of its treatment]. *Kremlevskaya meditsina*.

- Klinicheskiy vestnik* [Kremlin medicine journal]. 2015; (4):9-15. (In Russian).
6. 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):S38-S44. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.024.
  7. Rollo G., Solarino G., Vicenti G., Picca G., Carozzo M., Moretti B. Subtrochanteric femoral shortening osteotomy combined with cementless total hip replacement for Crowe type IV developmental dysplasia: a retrospective study. *J Orthop Traumatol*. 2017;18(4):407-413. doi: 10.1007/s10195-017-0466-7.
  8. Zhao H.Y., Kang P.D., Shi X.J., Zhou Z.K., Yang J., Shen B., Pei F.X. Effects of Postoperative Total Hip Arthroplasty on Axial Alignment of the Lower Limb in Patients with Unilateral Developmental Hip Dysplasia (Crowe type IV). *J Arthroplasty*. 2019;34(10):2406-2414. doi: 10.1016/j.arth.2019.04.028.
  9. Wang D., Li L.L., Wang H.Y., Pei F.X., Zhou Z.K. Long-Term Results of Cementless Total Hip Arthroplasty With Subtrochanteric Shortening Osteotomy in Crowe Type IV Developmental Dysplasia. *J Arthroplasty*. 2017;32(4):1211-1219. doi: 10.1016/j.arth.2016.11.005.
  10. Chen M., Gittings D.J., Yang S., Liu X. Total Hip Arthroplasty for Crowe Type IV Developmental Dysplasia of the Hip Using a Titanium Mesh Cup and Subtrochanteric Femoral Osteotomy. *Iowa Orthop J*. 2018;38:191-195.
  11. Seo L.J., Gabor J., Novikov D., Feng J.E., Schwarzkopf R., Vigdorichik J.M. Outcomes in 385 developmental dysplastic hips requiring total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139(5):723-728. doi: 10.1007/s00402-019-03143-5.
  12. 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.
  13. Eskelinen A., Remes V., Ylinen P., Helenius I., Tallroth K., Paavilainen T. Cementless total hip arthroplasty in patients with severely dysplastic hips and a previous Schanz osteotomy of the femur: techniques, pitfalls, and long-term outcome. *Acta Orthop*. 2009;80(3):263-269. doi: 10.3109/17453670902967273.
  14. Nagoya S., Kaya M., Sasaki M., Tateda K., Kosukegawa I., Yamashita T. Cementless total hip replacement with subtrochanteric femoral shortening for severe developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(9):1142-1147. doi: 10.1302/0301-620X.91B9.21736.
  15. Thorup B., Mechlenburg I., Søballe K. Total hip replacement in the congenitally dislocated hip using the Paavilainen technique: 19 hips followed for 1.5-10 years. *Acta Orthop*. 2009;80(3):259-262. doi: 10.3109/17453670902876789.
  16. Ахтямов И.Ф., Туренков С.В. Новые варианты хирургического лечения диспластического коксартроза у взрослых пациентов. *Гений ортопедии*. 2003;(2):15-18. Akhtiamov I.F., Tourenkov S.V. [New variants of surgical treatment of dysplastic coxarthrosis in adult patients]. *Genij Ortopedii* [Genius of Orthopedics]. 2003;(2):15-18. (In Russian).
  17. Kawai T., Tanaka C., Kanoe H. Total hip arthroplasty for Crowe IV hip without subtrochanteric shortening osteotomy - a long term follow up study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:72. doi: 10.1186/1471-2474-15-72.
  18. Lee S.J., Yoo J.J., Kim H.J. Cementless Total Hip Arthroplasty Involving Trochanteric Osteotomy without Subtrochanteric Shortening for High Hip Dislocation. *Clin Orthop Surg*. 2017;9(1):19-28. doi: 10.4055/cios.2017.9.1.19.
  19. Crowe J.F., Mani V.J., Ranawat C.S. Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(1):15-23.
  20. Gaston M.S., Gaston P., Donaldson P., Howie C.R. A new classification system for the adult dysplastic hip requiring total hip arthroplasty: a reliability study. *Hip Int*. 2009;19(2):96-101.
  21. Hartofilakidis G., Stamos K., Ioannidis T.T. Low friction arthroplasty for old untreated congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70(2):182-186.
  22. 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 Am*. 2012;94(19):1809-1821. doi: 10.2106/JBJS.K.00779.
  23. Hartofilakidis G., Yiannakopoulos C.K., Babis G.C. The morphologic variations of low and high hip dislocation. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(4):820-824. doi: 10.1007/s11999-008-0131-9.
  24. Hartofilakidis G., Babis G.C., Lampropoulou-Adamidou K., Vlamis J. Results of total hip arthroplasty differ in subtypes of high dislocation. *Clin Orthop*. 2013;471(9):2972-2979. doi: 10.1007/s11999-013-2983-x.
  25. Eskelinen A., Helenius I., Remes V., Ylinen P., Tallroth K., Paavilainen T. Cementless total hip arthroplasty in patients with high congenital hip dislocation. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(1):80-91.
  26. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О., Мясоедов А.А. Планирование операции и техника эндопротезирования тазобедренного сустава в сложных случаях. В кн.: *Руководство по хирургии тазобедренного сустава*. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., (ред.). СПб; 2015. Т. 2, Гл. 11. с. 25-103. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O., Myasoyedov A.A. [Planning an operation and a technique for hip replacement in complex cases]. In: [*Hip Surgery Guide*]. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., eds. St. Petersburg; 2015. Vol. 2, Pt. 11. p. 25-103. (In Russian).
  27. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Николаев Н.С., Григоричева Л.Г., Овсянкин А.В., Черный А.Ж. и др. Эпидемиология первичного эндопротезирования тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики РНИИТО им. Р.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(2):81-101. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Nikolaev N.S., Grigorieva L.G., Ovsyankin A.V., Cherny A.Zh. et al. [Epidemiology of Primary Hip Arthroplasty: Report from Register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2017;23(2):81-101. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101.
  28. Камшилов Б.В., Тряпичников А.С., Чегуров О.К., Жданов А.С., Зайцева О.П. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с высоким врожденным вывихом бедра. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(4):39-47. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-39-47. Kamshilov B.V., Tryapichnikov A.S., Chegurov O.K., Zhdanov A.S., Zaitseva O.P. [Features of THA in Patients with High Congenital Hip Dislocation]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(4):39-47. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-39-47.
  29. Юсупов К.С., Барабаш Ю.А., Павленко Н.Н.,

- Ромакина Н.А., Анисимова Е.А., Летов А.С. и др. Биомеханические показатели ортопедического статуса пациентов с диспластическим коксартрозом IV типа (Crowe) до и после лечения. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2017; 13(3):520-526. Yusupov K.S., Barabash Yu.A., Pavlenko N.N., Romakina N.A., Anisimova E.A., Letov A.S. et al. [Biomechanical criteria of orthopedic status of patients with dysplastic coxarthrosis (Crowe) IV before and after treatment]. [*Saratov Journal of Medical Scientific Research*]. 2017;13(3):520-526. (In Russian).
30. Li C., Zhang C., Zhang M., Ding Y. Comparison of transverse and modified subtrochanteric femoral shortening osteotomy in total hip arthroplasty for developmental dysplasia of hip: a meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2014;15(1):331. doi: 10.1186/1471-2474-15-331.
31. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A. Letter regarding «An attempt to throw light on congenital hip disease terminology and anticipation of clinical outcomes when treated with total hip arthroplasty», by Hartofilakidis G et al. *Hip Int*. 2018;28(3):NP1-NP2. doi: 10.1177/1120700018755362.
32. Волокитина Е.А., Хабиб М.С.С. Эндопротезирование тазобедренного сустава при деформациях и дефектах вертлужной впадины (обзор литературы). *Уральский медицинский журнал*. 2018;(1):56-63. Volokitina E.A., Habib M.S.S. [Total hip replacement in cases of acetabular bone defects and deformations (review)]. [*Ural Medical Journal*]. 2018;(1):56-63. (In Russian).
33. Takeda Y., Fukunishi S., Nishio S., Fujihara Y., Yoshiya S. Subtrochanteric femoral shortening osteotomy concomitantly performed with revision total hip arthroplasty: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(42):e12934. doi: 10.1097/MD.00000000000012934.
34. Павлов В.В., Шнайдер Л.С., Голенков О.И., Алгоритм выбора метода обработки бедренной кости при эндопротезировании тазобедренного сустава на фоне дисплазии Crowe IV ст. *Современные проблемы науки и образования*. 2016; (6). Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25600>. Pavlov V.V., Shnyder L.S., Golenkov O.I. The selection algorithm femur processing method for hip-joint on the first dysplasia Crowe IV. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2016; (6). Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25600>. (In Russian).
35. Paavilainen T., Hoikka V., Solonen K.A. Cementless total replacement for severely dysplastic or dislocated hips. *J Bone Joint Surg Br*. 1990;72: 205-211.
36. Li Y., Zhang X., Wang Q., Peng X., Wang Q., Jiang Y., Chen Y. Equalisation of leg lengths in total hip arthroplasty for patients with Crowe type-IV developmental dysplasia of the hip: classification and management. *Bone Joint J*. 2017;99-B(7):872-879. doi: 10.1302/0301-620X.99B7.BJ-2016-1328.R1.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Тихилов Рашид Муртузалиевич* — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Шубняков Игорь Иванович* — д-р мед. наук, главный научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Денисов Алексей Олегович* — канд. мед. наук, ученый секретарь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Плиев Давид Гивиевич* — канд. мед. наук, руководитель научного отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Шубняков Максим Игоревич* — лаборант-исследователь научного отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

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

*Авдеев Александр Игоревич* — аспирант, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Rashid M. Tikhilov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Director, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; professor, Traumatology and Orthopedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Igor I. Shubnyakov* — Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexey O. Denisov* — Cand. Sci. (Med.), Academic Secretary, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*David G. Pliev* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Hip Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Maxim I. Shubnyakov* — Researcher, Hip Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

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

*Alexandr I. Avdeev* — PhD Student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

## Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic

В.В. Даниляк<sup>1</sup>, В.В. Ключевский<sup>1</sup>, М.А. Молодов<sup>1</sup>, Е.В. Горюнов<sup>2</sup>,  
К.В. Марченкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ ЯО «Ярославский областной клинический госпиталь ветеранов войн – международный центр „Здоровое долголетие“», г. Ярославль, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Ярославль, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Моноблочная полиэтиленовая чашка с титановым покрытием RM-classic нашла широкое применение в тотальной артропластике тазобедренного сустава. Однако до настоящего времени в России не проводился анализ ее использования у ограниченной серии пациентов в условиях одной клиники в сроки, превышающие 10 лет. **Целью исследования** явилось изучение долгосрочных результатов тотального эндопротезирования тазобедренного сустава с применением ацетабулярного компонента RM-classic. **Материал и методы.** Проведено одноцентровое ретроспективное клиническое исследование результатов эндопротезирования с применением чашки RM-classic у 289 пациентов (328 суставов), оперированных в период с 1997 по 2007 г. Средние сроки наблюдения составили 14,4 года. Точкой окончания наблюдения считалось ревизионное вмешательство по поводу развития асептической нестабильности, износа полиэтилена и остеолита тазовой кости. **Результаты.** 9 ревизий в короткие и средние сроки (до 10 лет) были связаны с ошибками в ориентировании чашек и нарушениями хирургической техники их имплантации. Показаниями к более поздним ревизиям (19 наблюдений) стали разрушение полиэтилена и асептическое расшатывание, причем лишь в одном случае они сопровождались остеолитом тазовой кости с формированием дефекта IIIA по W.G. Paprosky. В срок 15 лет выживаемость RM-чашки, рассчитанная по методике Каплана – Мейера, составила 92,5%. Установлена статистически значимая разница выживаемости чашек в паре трения с керамическими и кобальт-хром-молибденовыми головками: 94,9% и 79,4% соответственно. Средняя функциональная оценка по шкале Harris равнялась 88,6 баллам. **Заключение.** Моноблочная полиэтиленовая чашка бесцементной фиксации RM-classic показала свою высокую эффективность и выживаемость в сроки 15 и более лет.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, моноблочная полиэтиленовая чашка с титановым покрытием для бесцементной фиксации, долгосрочная выживаемость ацетабулярного компонента.

Даниляк В.В., Ключевский В.В., Молодов М.А., Горюнов Е.В., Марченкова К.В. Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):25-33. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-25-33.

**Cite as:** Danilyak V.V., Klyuchevsky V.V., Molodov M.A., Goryunov E.V., Marchenkova K.V. [Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty with RM Classic Cups]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):25-33. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-25-33.

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

Рукопись поступила/Received: 10.04.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 20.08.2019.

## Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty with RM Classic Cups

V.V. Danilyak<sup>1</sup>, V.V. Klyuchevsky<sup>1</sup>, M.A. Molodov<sup>1</sup>, E.V. Goryunov<sup>2</sup>,  
K.V. Marchenkova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans – International Center „Healthy Longevity“, Yaroslavl, Russian Federation

<sup>2</sup> Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** The RM Classic monoblock titanium-coated polyethylene cup is widely used in the total hip arthroplasty. However, so far in Russia there has been no analysis of follow-up over 10 years for a limited number of patients in a single hospital. **The aim of the study** was to evaluate the long-term outcomes of total hip replacement with RM Classic acetabular component. **Materials and Methods.** The outcomes of 328 total hip arthroplasties (289 patients operated in the period from 1997 to 2007) with RM Classic cups were evaluated in a monocentric retrospective clinical study. The average follow-up period was 14.4 years. Revision procedure due to aseptic loosening, polyethylene wear or osteolysis was considered as the end point of the study. **Results.** 9 revisions during the short and medium follow-up periods (up to 10 years) were associated with malpositioning of RM Classic components and errors in surgical technique. The indications for later revision THA (19 cases) were polyethylene wear and aseptic loosening. Only in one case they were combined with pelvic bone osteolysis with the formation of III a defect according to W.G. Paprosky classification. Within 15 years the Kaplan-Meier survivorship of RM Classic cup was 92.5%. There was a statistically significant difference of the survival curves in the ceramic-on-poly against metal-on-poly bearings: 94.9% and 79.4%, respectively. The average Harris Hip Score was 88.6. **Conclusion.** RM Classic uncemented monoblock cup has proven its high efficiency and survival in 15 years follow-up period and over.

**Keywords:** total hip arthroplasty, uncemented monoblock titanium-coated polyethylene cup, long-term survivorship of the acetabular components.

### Актуальность

В 1985 г. инженером, почетным доктором медицины Робертом Матисом в рамках развития изоэластической концепции эндопротезирования была разработана моноблочная полиэтиленовая чашка, покрытая порошком из чистого титана — RM-classic [1]. Ее модуль упругости соответствовал модулю упругости тазовой кости. Для обеспечения резонанса их деформаций имплантат жестко фиксировался в костном ложе «размер-в-размер» двумя рожками — выступами и периферическими дивергирующими винтами [2].

Исторически сложилось так, что в середине 1990-х и начале 2000-х гг. во многих ортопедических клиниках России RM-classic являлась самым распространенным ацетабулярным компонентом эндопротезов тазобедренного сустава импортного производства [3]. Однако в русскоязычной литературе отсутствует анализ отдаленных клинических результатов ее применения со сроками наблюдения, превышающими 10 лет. Интерес могут представлять данные отдельных клиник, концентрирующих у себя пациентов с патологией тазобедренного сустава и проводящих длительное наблюдение за больными после эндопротезирования.

**Целью** настоящей работы явилось изучение долгосрочных результатов тотального эндопротезирования тазобедренного сустава с применением ацетабулярного компонента RM-classic.

### Материал и методы

Дизайн исследования: одноцентровое ретроспективное клиническое исследование.

В период с 1997 по 2007 г. у 586 пациентов были выполнены 674 первичных и ревизионных операций с использованием чашки RM-classic (Mathys Ltd Bettlach, Швейцария).

Внутрибольничная летальность (острая сердечная и легочная недостаточность, тромбоэмболии, инсульты) составила 14 (2,1%) человек, в основном больные пожилого и старческого возраста с переломами шейки бедренной кости. Глубокая инфекция в сроки от 6 до 48 мес., потребовавшая удаления эндопротеза — 6 (0,9%) наблюдений. Замена чашек по поводу рецидивирующих вывихов — 4 (0,6%) случая. Еще в 31 (4,6%) наблюдении хорошо фиксированные ацетабулярные компоненты с начальными признаками повреждения полиэтилена были удалены в ходе ревизий по поводу нестабильности ножек и раскалывания керамических головок эндопротезов. Все указанные выше пациенты были исключены из исследования.

По причинам, не связанным с артропластикой, в сроки от 9 мес. до 20 лет умерло 138 человек. 104 пациента оказались недоступны для наблюдения в связи со сменой места жительства, отсутствия телефонных контактов или нежелания больных и родственников принять участие в сотрудничестве.

Таким образом, в проведенное нами исследование были включены оставшиеся 289 пациентов, у которых было проведено 328 операций эндопротезирования тазобедренного сустава. Группа состояла из 196 женщин (226 эндопротезов) и 93 мужчин (102 эндопротеза).

Средний возраст на момент операции равнялся 46,5 (±0,69) года, в интервале от 15 до 73 лет. Показания к операции указаны в таблице 1.

Все оперативные вмешательства выполнялись из задне-латерального доступа Кохера – Лангенбека одной бригадой хирургов. Имплантировались ацетабулярные компоненты RM-classic с внешним

диаметром от 46 мм до 62 мм. Распределение чашек по размеру в зависимости от пола больных показано на рисунке 1. Среднее количество периферических дивергирующих винтов для дополнительной первичной фиксации ацетабулярного компонента равнялось четырем.

Вместе с чашкой RM чаще всего использовали бедренные компоненты бесцементной фиксации компании Mathys: СВН (тип Zweymuller) — 138, СВС (тип Spotorno) — 80, а также их отечественные и зарубежные аналоги. Реже применялась ножка цементной фиксации ССА (тип Straight Muller stem) — 30 наблюдений.

Во всех операциях использовались головки эндопротезов диаметром 28 мм, причем преобладала алюминиевая керамика — 204 (62,1%) наблюдения. Головки из кобальт-хром-молибденового сплава были установлены в 124 (37,9%) случаях.

Распределение операций по годам показано на рисунке 2.

Таблица 1

Показания к проведению тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у исследуемой группы больных

Диагноз	Кол-во операций	%
Первичный коксартроз	137	41,8
Диспластический коксартроз	74	22,6
Аваскулярный некроз головки бедренной кости	22	6,7
Посттравматический коксартроз	11	3,3
Ревматоидный полиартрит	13	4,0
Постинфекционный коксартроз	1	0,3
Опухоли	4	1,2
Перелом шейки бедренной кости	51	15,5
Ревизионное эндопротезирование	15	4,6
Итого	328	100,0

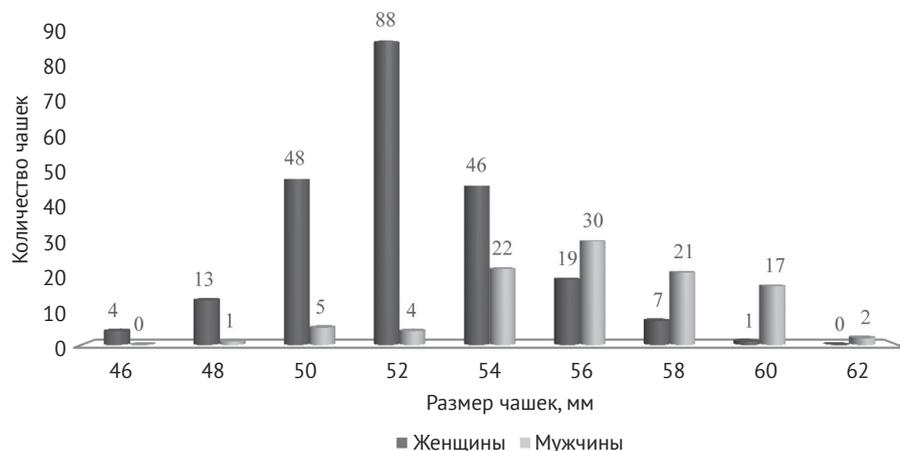
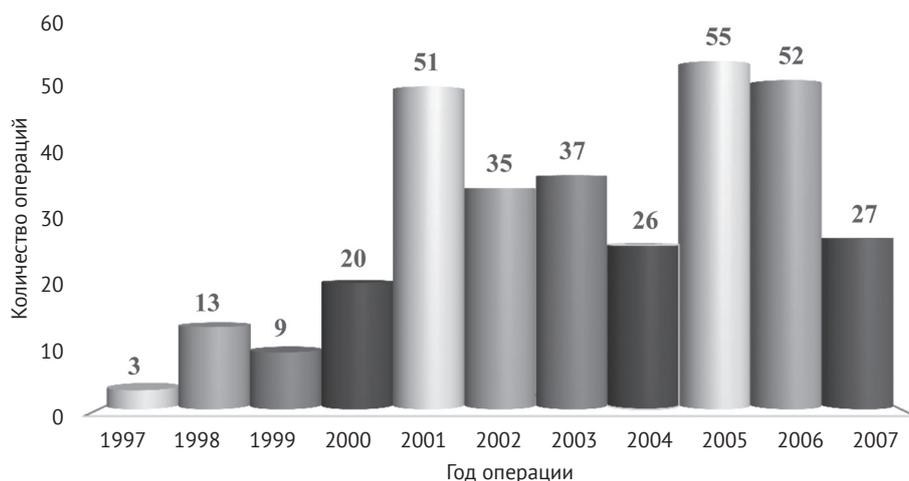


Рис. 1. Распределение чашек по размеру в зависимости от пола больных

Fig. 1. Distribution of cups size depending on the gender of patients



**Рис. 2.** Распределение операций по годам

**Fig. 2.** Distribution of procedures per years

Пациенты наблюдались в сроки 3, 6 и 12 мес., затем — 1 раз в 5 лет. После 15 лет состояние эндопротеза контролировалось 1 раз в 2–3 года. Проводился анализ рентгенограмм оперированного сустава. Особое внимание обращали на децентрацию головки эндопротеза, возникновение очагов остеолита в зонах I–III Charnley, деформацию и переломы дивергирующих винтов и миграцию компонента в краниальном направлении. Функциональные результаты оценивались по шкале Harris.

### Статистический анализ

Статистическая обработка материала проводилась с помощью пакета Microsoft Excel, надстройки XLSTAT 2018.4 и программы IBM SPSS Statistics, v. 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Для отображения общей характеристики исходных параметров применялись методы описательной статистики с указанием среднего значения и стандартной ошибки среднего арифметического. Данные с нормальным распределением (после проверки с использованием теста Колмогорова–Смирнова) анализировали по методу множительных оценок Каплана–Майера, позволяющего достоверно оценивать показатель для большой выборки в условиях выбывания пациентов из исследования. Анализ дополняли статистическими методами расчета стандартной ошибки и доверительных интервалов. С целью определения статистической значимости различий между выживаемостью чашки RM-classic с парами трения керамика-полиэтилен и металл-полиэтилен применялся критерий хи-квадрат Мантела–Кокса (p).

### Результаты

Сроки наблюдения колебались в диапазоне от 10 до 20 лет, составляя в среднем 14,4 ( $\pm 0,14$ ) года. Точкой окончания наблюдения мы считали ре-

визионное вмешательство с заменой чашки RM-classic по поводу износа полиэтилена, развития ее асептической нестабильности и остеолита костей таза. По этим показаниям всего выполнено 28 (8,5%) ревизионных операций эндопротезирования. Средний возраст пациентов на момент повторной операции составил  $58 \pm 2$  лет.

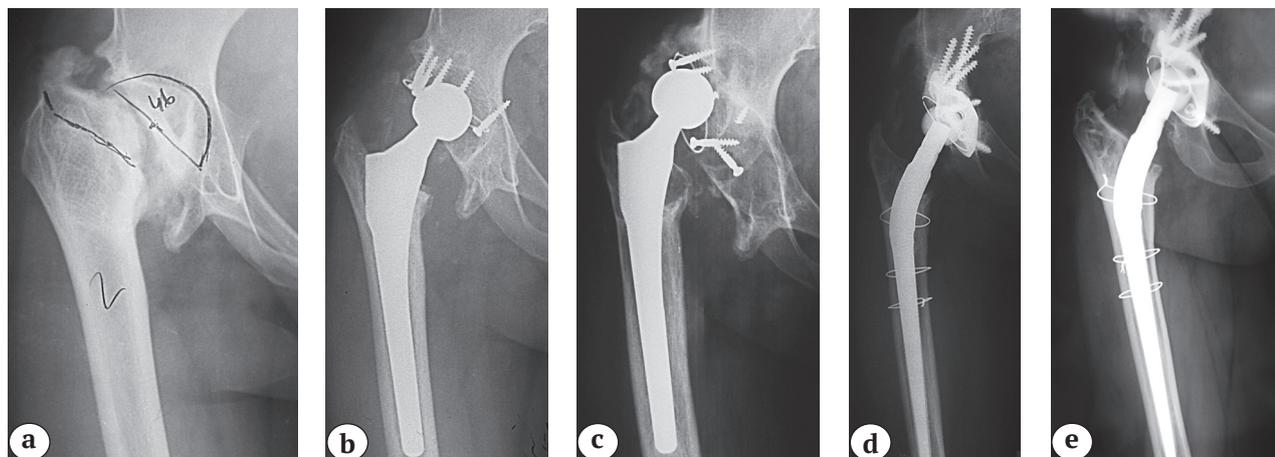
В короткие сроки наблюдения (до 5 лет) ревизирована одна чашка RM-classic. Причиной ранней асептической нестабильности явились ошибки хирургической техники установки имплантата (рис. 3).

В средние сроки наблюдения (от 6 до 10 лет) выполнено 8 ревизионных эндопротезирований. Тщательный анализ первичных рентгенограмм показал, что у двух пациенток с диспластическим коксартрозом и врожденным вывихом бедра чашки RM-classic были установлены в высокую позицию псевдоподины. Еще у одного пациента с посттравматическим коксартрозом полиэтиленовая чашка была имплантирована в зону хронического разрыва тазового кольца. Асептическая нестабильность развилась через 8 лет (рис. 4). В остальных случаях ускоренный износ полиэтилена был связан с увеличением угла абдукции в ходе установки чашки  $\geq 45^\circ$ .

И, наконец, в отдаленные сроки наблюдения от 11 до 20 лет были выполнены ревизии 19 эндопротезов у 18 пациентов (одна большая оперирована с двух сторон). Показанием к ревизионному вмешательству явились появившиеся боли в паху и ягодице, в основном стартового характера и в конце дня после значительных физических нагрузок. При ходьбе большинство пациентов использовали трость. На рентгенограммах износ полиэтилена проявлялся децентрацией головок эндопротеза с их краниальным смещением. Особого внимания заслуживал факт практически полного отсутствия остеолита безымянной кости в зонах I и II J. по Charnley. Продукты износа полиэтилена

обычно скапливались в проксимальном отделе бедра, в зоне большого вертела. Лишь в одном наблюдении мы отметили обширный остеолит

тазовой кости с формированием дефекта IIIa по W.G. Papprosky на фоне стабильно фиксированной чашки (рис. 5).

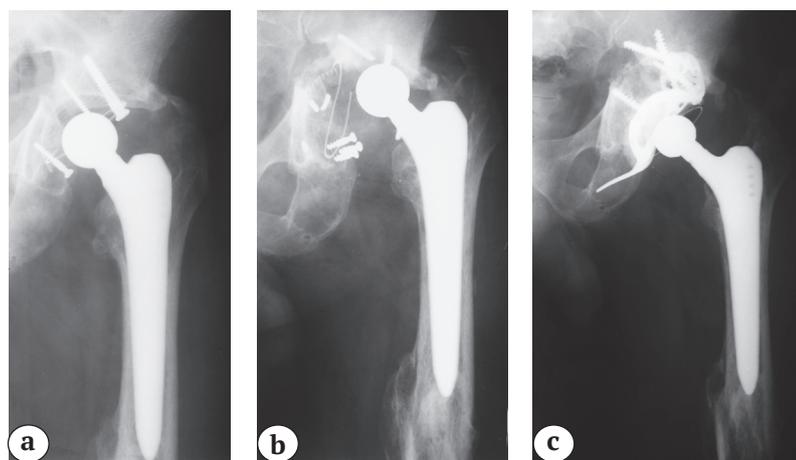


**Рис. 3.** Рентгенограммы больной 16 лет:

- a — прогрессирующая дисплазия правого тазобедренного сустава IV типа, аваскулярный некроз головки бедренной кости после открытого вправления и корригирующих остеотомий в детском возрасте (1998);
- b — тотальное эндопротезирование RM-HJD, чашка диаметром 46 мм установлена на 4 см выше анатомической позиции латерально, короткие дивергирующие винты (1999);
- c — асептическая нестабильность, миграция чашки с переломом винтов через 4 года (2003);
- d — ревизионное эндопротезирование (2003);
- e — отдаленный результат через 13 лет, эндопротез стабилен, явных признаков износа полиэтилена нет, гетеротопическая оссификация Brooker I (2016)

**Fig. 3.** X-rays of female patient 16 y.o.:

- a — progressive dysplasia of the right hip joint of type IV, avascular necrosis of femoral head after open reduction and corrective osteotomies in childhood (1998);
- b — total hip arthroplasty RM-HJD, 46 mm diameter cup placed 4 cm above the anatomical position laterally, short diverging screws (1999);
- c — aseptic instability, cup migration with screws breakage in 4 years (2003);
- d — revision arthroplasty (2003);
- e — late follow up in 13 years, stable prosthesis, no evident signs of polyethylene wear, Brooker I heterotopic ossification (2016)

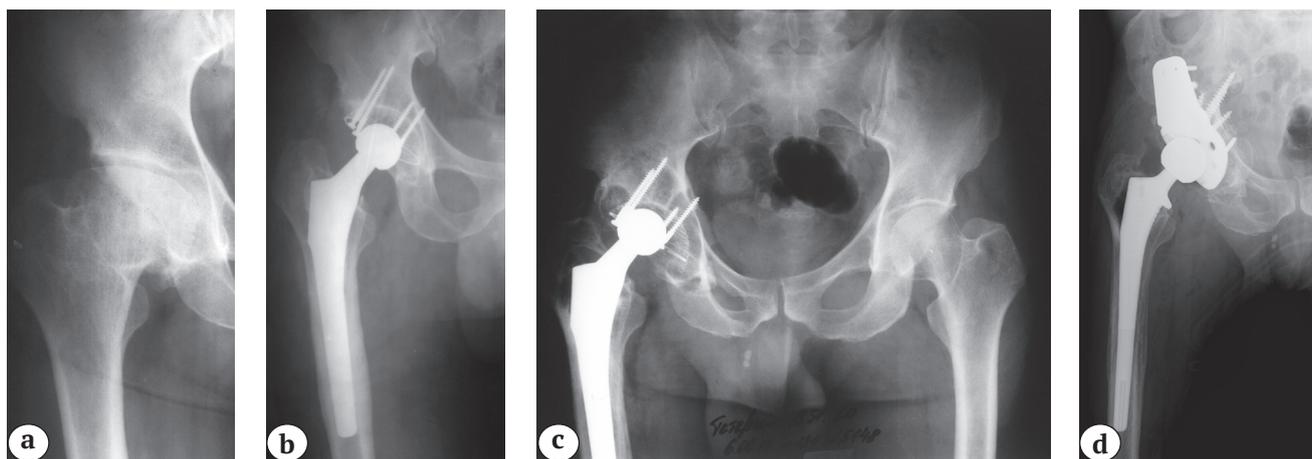


**Рис. 4.** Рентгенограммы больного 26 лет:

- a — тотальное эндопротезирование RM-CBH по поводу посттравматического коксартроза с несросшимся разрывом тазового кольца;
- b — асептическая нестабильность и разрушение чашки через 8 лет;
- c — ревизионное эндопротезирование с костной пластикой

**Fig. 4.** X-rays of male patient 26 y.o.:

- a — total hip arthroplasty RM-CBH due to posttraumatic coxarthrosis with non-union of the pelvic ring rupture;
- b — aseptic instability and failure of cup in 8 years;
- c — revision arthroplasty with bone grafting



**Рис. 5.** Рентгенограммы больного 48 лет:  
 а — вторичный коксартроз после перенесенной в детстве болезни Пертеса;  
 б — тотальное эндопротезирование RM-HJD (1997);  
 в — обширный остеолит с формированием дефекта III а по W.G. Paprosky;  
 д — ревизионное эндопротезирование с опорой из трабекулярного металла (2017)

**Fig. 5.** X-rays of male patient 48 y.o.:  
 а — secondary coxarthrosis following Perthes disease in childhood;  
 б — total hip arthroplasty RM-HJD (1997);  
 в — extensive osteolysis with formation of type III defect by W.G. Paprosky;  
 д — revision arthroplasty with supportive augment of trabecular metal (2017)

За исключением указанного выше случая ревизии чашек RM-classic не вызывали каких-либо затруднений. Ввиду низкого коэффициента порозности внешнего покрытия из порошка TiC окружающая тазовая кость не вращалась, а нарастала на него, и прочной остеоинтеграции чашки никогда не отмечалось. Поэтому после удаления дивергирующих винтов мы высверливали полиэтилен полусферическими фрезами и легко разрывали связи титана с костью, оставляя «рожки» неудаленными. Во всех наблюдениях в качестве ревизионных ацетабулярных компонентов использовались полусферические чашки

с множеством отверстий для введения 3–5 дополнительных 6,5 мм губчатых винтов, обеспечивающих надежную первичную стабильность. Необходимости в костной пластике не возникало.

Был проведен анализ первичных диагнозов 27 пациентов с износом и асептическим расшатыванием чашки RM. Установлено, что у 15 (53,6%) человек первичная артропластика выполнялась по поводу прогрессирующей дисплазии тазобедренного сустава III и IV типов с врожденным вывихом бедра на фоне выполненных в детстве реконструктивных вмешательств (табл. 2).

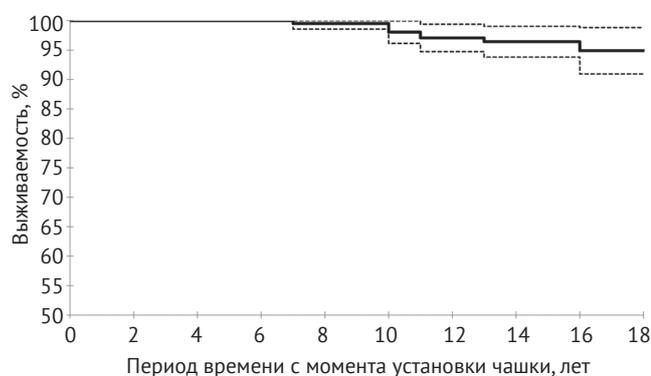
Таблица 2

**Анализ первичных диагнозов у пациентов с асептическим расшатыванием чашки RM-classic**

Первичный диагноз	Количество ревизий	%
Диспластический коксартроз	15	53,6
Первичный коксартроз	4	14,3
Аваскулярный некроз головки бедренной кости	2	7,1
Перелом шейки бедренной кости	2	7,1
Посттравматический коксартроз	1	3,6
Постинфекционный коксартроз	1	3,6
Ревизионное эндопротезирование	3	10,7
<b>Итого</b>	<b>28</b>	<b>100,0</b>

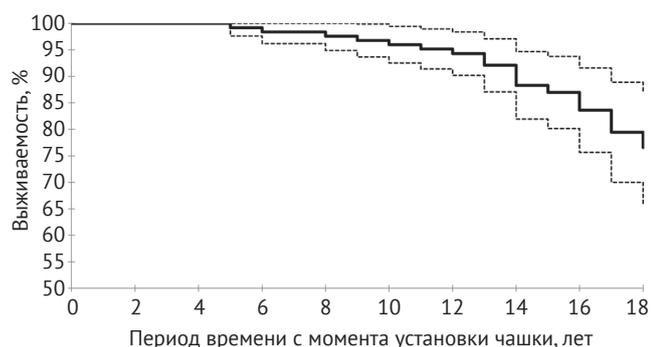
Мы провели отдельный анализ выживаемости чашки RM-classic в паре трения с головкой из алюминиевой керамики и кобальт-хром-молибденового сплава. Выживаемость в паре трения керамика-полиэтилен к 18 годам была высокой и составляла 94,9% ( $\pm 0,02$ ), 95% ДИ 90,9–98,8 (рис. 6).

Результаты в паре трения металл-полиэтилен были достоверно хуже ( $p = 0,001$ , критерий Мантела–Кокса) — выживаемость чашки RM-classic не превышала 79,4% ( $\pm 0,054$ ), 95% ДИ 70,0–88,9 (рис. 7). Таким образом, общая 15-летняя выживаемость ацетабулярных компонентов в изучаемой группе из 328 операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава составила 92,5% ( $\pm 0,017$ ), 95% ДИ 89,4–95,8. Средняя функциональная оценка по шкале Harris равнялась 88,6.



**Рис. 6.** Выживаемость чашки RM-classic в паре трения керамика-полиэтилен с износом и асептическим расшатыванием в качестве конечной точки наблюдения

**Fig. 6.** RM Classic cup survivorship in ceramics-on-poly bearing with wear and aseptic loosening as the end point of the study



**Рис. 7.** Выживаемость чашки RM-classic в паре трения металл-полиэтилен с износом и асептическим расшатыванием в качестве конечной точки наблюдения

**Fig. 7.** RM Classic cup survivorship in metal-on-poly bearing with wear and aseptic loosening as the end point of the study

## Обсуждение

Полиэтиленовые ацетабулярные компоненты с внешним пористым покрытием (титановая крошка, сетка, гидроксилатапитовый порошок) для бесцементной фиксации появились в середине 1980-х гг. [4]. По сравнению с традиционными металлическими чашками, комбинированными с полиэтиленовыми вкладышами, эти немодульные конструкции обладали как преимуществами, так и недостатками [5, 6]. К первым, несомненно, относились более низкая стоимость и отсутствие таких осложнений, как диссоциация вкладыша и износ наружной поверхности полиэтилена (backside wear). В числе вторых обычно называли невозможность контроля глубины установки имплантата, а также замены разрушенного вкладыша, с оставлением хорошо фиксированной чашки (polyethylene exchange).

Геометрия используемых чашек представляла собой полусферу, скошенную в краниальном отделе (beveled cup), таким образом, рекомендуемый угол абдукции не превышал 30° [6]. Формирование каналов для рожек и винтов, особенно у пациентов с избыточным весом, требовало от хирургов большого мастерства и изощренности в сравнении с имплантацией гладкой металлической чашки. Возрастала вероятность ошибок в ориентировании ацетабулярного компонента, удлинялась кривая обучения. Все ранние ревизии были связаны с допущенными нами техническими погрешностями (первичные операции выполнялись в 1997–2000 гг. в период освоения хирургической техники).

Одной из особенностей изучаемой группы пациентов явился их относительно молодой возраст на момент первичной артропластики — 46,5 лет. Из-за отсутствия государственного финансирования эндопротезирование имплантатами импортного производства в то время осуществлялись либо на коммерческой основе, либо в ходе клинических исследований лекарственных препаратов. Молодой возраст больных сам по себе считается фактором риска, так как обычно сопровождается высокой двигательной активностью и ускоренным износом сверхвысокомолекулярного полиэтилена без поперечных связей [7, 8].

Более 50% ревизий было выполнено у пациентов, у которых показанием к первичному эндопротезированию являлся коксартроз на фоне тяжелой формы дисплазии тазобедренного сустава. Об особенностях имплантации чашки RM-classic при дисплазиях III и IV типов по Crowe сообщали авторы из группы профессора W. Siebert [9].

15-летняя выживаемость чашек в нашей серии с ревизией по поводу износа полиэтилена и асептического расшатывания в качестве конечной точки составила 92,5%. Такой показатель можно

считать высоким для полиэтилена без поперечных связей у больных молодого и среднего возраста. Полученные результаты полностью соответствуют материалам других авторов [9, 10]. Имелась статистически значимая разница в выживаемости чашек RM-classic в зависимости от пары трения (керамика-полиэтилен против металл-полиэтилен) — 94,9% и 79,4% соответственно. Эти цифры не коррелируют с данными Австралийского регистра, где результаты металлических головок превосходят пару керамика-полиэтилен без поперечных связей\*.

В литературе имеются многочисленные указания на то, что при изнашивании немодульных ацетабулярных компонентов остеолит тазовой кости выражен в меньшей степени по сравнению с полиэтиленовыми вкладышами традиционных металлических чашек [11, 12, 13, 14]. В нашей серии мы столкнулись лишь с одним дефектом IIIa по W.G. Paprosky, потребовавшим замещения крышки и задней колонны аугментом из трабекулярного металла. Обычно продукты износа полиэтилена «стекали» по активному суставному пространству к проксимальному отделу бедра, вызывая его разрушение и расшатывание ножек эндопротезов.

Техника удаления хорошо фиксированных чашек RM-classic даже на очень поздних сроках наблюдения чрезвычайно проста [15]. Отсутствие обширных разрушений тазовой кости сделали абсолютное большинство наших ревизий нетравматичными и низкочастотными. Во всех наблюдениях имплантировались первичные полусферические модульные компоненты с полиэтиленом с поперечными связями в паре с металлическими или керамическими головками без костной пластики.

Результаты проведенного исследования показали хорошую 15-летнюю выживаемость моноблочной полиэтиленовой чашки с титановым покрытием RM-classic в пределах от 89,4% до 95,8% при худшем и лучшем сценарии соответственно. С трибологической точки зрения, пара трения керамика-полиэтилен в этой серии существенно превосходила пару металл-полиэтилен. Ацетабулярный компонент проявил свою высокую эффективность в случаях сложного первичного и ревизионного эндопротезирования у больных молодого и среднего возраста.

Все ревизии RM-classic в сроки до 10 лет были сопряжены с техническими ошибками, допущенными на этапе освоения методики имплантации. Отсутствие износа полиэтилена со стороны, об-

ращенной к тазовой кости, существенно снижало риск ее остеолита и делало повторное вмешательство простым и малозатратным.

Пациенты, включенные в данное ретроспективное клиническое исследование, нуждаются в регулярном динамическом контроле с целью своевременного выявления возникающих осложнений и предотвращения нарастающих разрушений перипротезных тканей.

#### Этика публикации

Пациенты дали добровольное согласие на публикацию клинических наблюдений.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Даниляк В.В.* — разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста рукописи, коррекция и окончательная редакция.

*Ключевский В.В.* — сбор и анализ данных.

*Молодов М.А.* — сбор и анализ данных.

*Горюнов Е.В.* — разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и анализ данных, написание текста рукописи.

*Марченкова К.В.* — сбор и анализ данных, статистическая обработка данных, написание текста рукописи.

#### Литература [References]

1. Mathys R. The RM cup: from the idea to the product. In: Bergmann E.G. (ed.). *Hip-Joint Surgery: the RM Cup: monograph of a coated acetabular implant*. Reinbek: Einhorn-Press; 1998. p. 10-16.
2. Witzel U. Distribution of stress in a hemispherical RM cup and its bony bed. In: Horne G. (ed.). *Hip-joint surgery: the RM cup: long-term experience with an elastic monobloc acetabular implant*. Hamburg: Einhorn-Press; 2008. p. 29-41.
3. 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. p. 57-64.
4. Mathys R. History — how the successful story of the RM-Classic Cup started. Horne G. (ed.). *Hip-joint surgery: the RM cup: long-term experience with an elastic monobloc acetabular implant*. Hamburg: Einhorn-Press; 2008. p. 11-15.
5. Kini S.G., Anwar R., Bruce W., Walker P. Modular versus monoblock cementless acetabular cups in primary total hip arthroplasty — a review. *Int J Orthop*. 2014;1(3): 93-99. doi: 10.6051/j.issn.2311-5106.2014.01.22
6. Heirholzer G., Jukema G.N. The uncemented Robert Mathys cup. In: Horne G. (ed.). *Hip-joint surgery: the RM*

\* Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2018 Annual Reports. Режим доступа: <https://aoanjrr.sahmri.com/>.

- cup*: long-term experience with an elastic monobloc acetabular implant. Hamburg: Einhorn-Press; 2008. p. 62-73.
7. Bayliss L.E., Culliford D., Monk A.P., Glyn-Jones S., Prieto-Alhambra D., Judge A. et al. The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee: a population-based cohort study. *Lancet*. 2017;389(10077):1424-1430. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30059-4.
  8. Pakvis D., Biemond L., van Hellemond G., Spruit M. A cementless elastic monoblock socket in young patients: a ten to 18-year clinical and radiological follow-up. *Int Orthop*. 2011;35:1445-1451. doi: 10.1007/s00264-010-1120-7.
  9. Ihle M., Mai S., Pfluger D., Siebert W. The results of the titanium-coated RM acetabular component at 20 years: a long-term follow-up of an uncemented primary total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90(10):1284-1290. doi: 10.1302/0301-620X.90B10.20274.
  10. Diks M.J., van den Broek C.M., Anderson P.G., van Limbeek J., Spruit M. The uncemented, titanium-coated RM cup: Survival and analyses of failures. *Hip Int*. 2005; 15(2):71-77. doi: 10.5301/HIP.2008.5274.
  11. Young A.M., Sychterz C.J., Hopper R.H. Jr., Engh C.A. Effect of Acetabular Modularity on Polyethylene Wear and Osteolysis in Total Hip Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84(1):58-63. doi: 10.2106/00004623-200201000-00009.
  12. Horne G., Devane P.A., Dalton D. Does pelvic osteolysis occur with a nonmodular uncemented acetabular component? *J Arthroplasty*. 2006;21(2):185-190. doi: 10.1016/j.arth.2005.05.010.
  13. Gwynne-Jones P.D., Garneti N., Wainwright C., Matheson J.A., King R. The Morscher Press Fit acetabular component. A nine to 13-year review. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(7):859-864. doi: 10.1302/0301-620X.91B7.22013.
  14. Krieg A.H., Speth B.M., Ochsner P.E. Backside volumetric change in the polyethylene of uncemented acetabular components. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(8):1037-1043. doi: 10.1302/0301-620X.91B8.21850.
  15. Judas F.J., Dias R.F., Lucas R.M. A technique to remove a well-fixed titanium-coated RM acetabular cup in revision hip arthroplasty. *J Orthop Surg Res*. 2011; 6(1):31. doi: 10.1186/1749-799X-6-31.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

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

*Ключевский Василий Вячеславович* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России Ярославского государственного медицинского университета; ординатор ортопедического отделения, ГБУЗ ЯО «Ярославский областной клинический госпиталь ветеранов войн – международный центр „Здоровое долголетие“», Ярославль

*Молодов Михаил Александрович* — канд. мед. наук, ординатор ортопедического отделения, ГБУЗ ЯО «Ярославский областной клинический госпиталь ветеранов войн – международный центр „Здоровое долголетие“», Ярославль

*Горюнов Евгений Владимирович* — аспирант кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль

*Марченкова Кристина Викторовна* — клинический ординатор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

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

*Vasily V. Klyuchevsky* — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor at Faculty Of Traumatology and Orthopedics, Yaroslavl State Medical University; Orthopedic Surgeon of Orthopedic Department, Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans – International Center “Healthy Longevity”, Yaroslavl, Russian Federation

*Mikhail A. Molodov* — Cand. Sci. (Med.), Resident Surgeon of Orthopedic Department, Yaroslavl Regional Clinical Hospital of War Veterans – International Center “Healthy Longevity”, Yaroslavl, Russian Federation

*Evgeny V. Goryunov* — PhD Student, Faculty of Traumatology and Orthopedics, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

*Kristina V. Marchenkova* — Resident Surgeon, Faculty of Traumatology and Orthopedics, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

## Комментарий к статье «Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic»

А.А. Мясоедов

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

## Comment to the Article “Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty with RM Classic Cups”

A.A. Myasoedov

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics,  
St. Petersburg, Russian Federation

Применение изоэластических компонентов RM фирмы Mathys при выполнении тотального эндопротезирования тазобедренного сустава имеет более чем 35-летнюю историю [1, 2]. За это время моноблок продемонстрировал прекрасные показатели выживаемости, колеблющиеся от 100 до 94,4% в сроки от 5 до 20 лет соответственно [3, 4, 5, 6]. Такие результаты были обусловлены возможностью компонента успешно поглощать микроколебания вертлужной впадины, защищая кость на границе с его пористым напылением от избыточных нагрузок. Второе неоспоримое преимущество имплантата обусловлено особенностями его дизайна. Так, широко вошедшие в современную практику модульные вертлужные компоненты имеют один общий серьезный недостаток, заключающийся в обратном износе полиэтиленового вкладыша. Продукты износа, проникающие в ретроацетабулярное пространство через технологические отверстия чашек, вызывают остеолит, что значительно усложняет выполнение последующей ревизионной артропластики [7, 8]. В то же время

у моноблоков RM этот недостаток отсутствует, что в комплексе с их изоэластическими свойствами позволяет рассчитывать на хорошую биологическую фиксацию моноблока в долгосрочной перспективе [5, 9, 10].

Однако при анализе литературы за последние 10 лет прослеживается отчетливая тенденция к снижению количества научных публикаций, посвященных вопросам использования данных компонентов. За этот период мы нашли только 2 статьи, посвященные компоненту RM-classic, 4 — по RM Pressfit PE и 3 — по RM Pressfit vitamys. Причем 8 из них базировались на 100 наблюдениях при сроках от 5 до 8 лет, и лишь одно исследование включало 189 пациентов со сроками наблюдения 10 лет. Все авторы указывали, что компоненты демонстрируют прекрасные результаты. Поэтому причина тенденции к снижению числа публикаций для нас остается неясной.

Такого количества источников абсолютно недостаточно для четкого понимания места изоэластических вертлужных моноблоков в структуре артропластики тазобедренного сустава сегодня.

### Что дает представленная публикация?

В этом аспекте значимость работы В.В. Даниляка с соавторами сложно переоценить. Исследование основано на анализе 328 случаев установки верт-

### • Комментарий к статье

Даниляк В.В., Ключевский В.В., Молодов М.А., Горюнов Е.В., Марченкова К.В. Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):25-33. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-25-33.

Мясоедов А.А. Комментарий к статье «Долгосрочные результаты тотальной артропластики тазобедренного сустава с использованием ацетабулярного компонента RM-classic». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):34-36. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-34-36.

**Cite as:** Myasoedov A.A. [Comment to the Article “Long-Term Results of Total Hip Arthroplasty with RM Classic Cups”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):34-36. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-34-36.

✉ Мясоедов Алексей Андреевич / Alexey A. Myasoedov; e-mail: myasoedov\_alexei@mail.ru

лужных компонентов RM-classic при максимальных сроках наблюдения 20 лет, что значительно превосходит зарубежные аналоги. В ходе исследования были использованы четкие критерии оценки данных на протяжении всего срока наблюдения, что позволило свести к минимуму возможность ошибочной трактовки результатов. Поэтому авторы смогли ответить на ряд важных вопросов, касающихся особенностей имплантации и долгосрочного функционирования моноблоков RM-classic. В частности, было показано, что компоненты RM могут с успехом применяться как при первичном стандартном эндопротезировании ТБС, так и при тяжелых формах диспластического коксартроза со средними показателями 15-летней выживаемости 92,5%. При этом естественный износ моноблоков практически не сопровождается ретроацетабулярным остеолитом, что значительно упрощает выполнение ревизионного эндопротезирования. Полученные результаты выглядят весьма привлекательно, особенно с учетом молодого возраста представленной группы пациентов на момент имплантации, составившем в среднем 46,5 лет. Не менее важно указание авторов на более длинную кривую обучаемости хирургов установке компонентов RM-classic, поскольку подавляющее большинство ревизий в сроки до 10 лет были обусловлены ошибками позиционирования центра ротации и малъпозицией установленных компонентов. Это заставляет с настороженностью относиться к широкому внедрению рассматриваемых компонентов в практику клиник, выполняющих малое число подобных оперативных вмешательств. В комплексе это дает понимание, что компоненты RM-classic при достаточной подготовке хирургов могут обеспечить хорошие отдаленные результаты артропластики.

Казалось бы, информация исчерпывающая, и сформировать мнение об эффективности работы компонентов RM-classic в сочетании с головками из алюминиевой керамики и металла диаметром 28 мм не представляет никакого труда. Но достаточно ли этого для понимания работы всех вертлужных компонентов изоэластической концепции? Изменение лишь одного узла эндопротеза (например, изменение дизайна компонента или увеличение количества поперечных связей в полиэтилене) будет значительно сказываться на функционировании системы в целом. На сегодняшний день в нашем арсенале есть следующие генерации компонента RM в совокупности с головками большего диаметра изготовленных из других материалов. К тому же авторы лишь вскользь упоминают об особенностях перераспределения продуктов износа полиэтилена и темпов развития остеолита проксимального отдела бедренной кости. По нашему мнению, этот вопрос также не менее важен для понимания результатов использования

данных моноблоков. Таким образом, публикация В.В. Даниляка с соавторами, как и любое хорошее исследование, поднимает еще больше вопросов, требующих ответа.

### **В каком направлении нам двигаться?**

По мнению большинства исследователей, неоспоримым преимуществом любого из моноблоков RM является способность его адаптации к физиологическим деформациям вертлужной впадины, что в совокупности с препятствием проникновения продуктов износа в ретроацетабулярное пространство обеспечивает прекрасные показатели выживаемости [11, 12]. Но так ли это однозначно? На сегодняшний день существует ряд работ, указывающих на разницу в прочностных свойствах полиэтилена в зависимости от его молекулярной структуры [7, 8]. Как разработчики, так и исследователи отмечают, что используемый для изготовления RM Pressfit vitamys полиэтилен HXLPE значительно превосходит по твердости UHMWPE, применяющийся для изготовления RM-classic и RM Pressfit PE, что позволяет добиться его высокой износостойкости [5, 6, 10, 13]. Однако не стоит забывать, что имплантация компонентов часто осуществляется в условиях остеопороза или, наоборот, крайне склерозированной кости, а также с вынужденным недопокрытием вследствие дисплазии или посттравматических дефектов вертлужной впадины. Таким образом, встает вопрос: насколько эффективно изоэластическая концепция будет работать при условии изменения не только модуля упругости самого компонента, но и перераспределения силовых нагрузок? Где именно проходит та черта, за которой следует ожидать деформаций, переломов и развития ранней нестабильности каждого конкретного компонента, или таковой не существует? К сожалению, ни в одной из найденных нами работ мы не нашли четких ответов на эти крайне важные с точки зрения определения показаний к установке изоэластических компонентов вопросы.

Второй, не менее важной, на наш взгляд, проблемой является развитие остеолита проксимального отдела бедренной кости вследствие перераспределения продуктов износа полиэтилена, обусловленного особенностями дизайна изоэластических вертлужных компонентов. Понимание этого вопроса крайне необходимо, поскольку ревизия бедренного компонента в условиях значительной потери костной массы и мышц, участвующих в работе сустава, представляет не меньшую проблему, чем развитие ретроацетабулярного остеолита. К сожалению, в большинстве исследований авторы лишь вскользь упоминают, что такие явления были зафиксированы, оставляя за кадром масштаб процесса и его исходы. Нам удалось найти только две работы, в которых авторы сообщают о 2 случаях

остеолиза и 98 и 100% выживаемости бедренных компонентов цементной фиксации в сочетании с чашками RM Pressfit [14, 15]. Однако, несмотря на значительный объем наблюдений (100 случаев), делать какие-либо выводы на их основании кажется преждевременным, поскольку сроки послеоперационного наблюдения составляют лишь 2 и 5 лет.

### Что мы получим в итоге?

Комплексное понимание особенностей функционирования эндопротезов с изоэластическими вертлужными компонентами и их места в структуре операций по замене тазобедренного сустава невозможно без проведения дальнейших масштабных исследований, которые будут постепенно дополнять уже накопленный опыт. Систематизация полученных знаний позволит более точно понять сильные и слабые стороны рассматриваемых компонентов и их влияние на эндопротез в целом. В свою очередь, это позволит сформировать единые алгоритмы по применению данных систем в зависимости от возраста пациента, степени его двигательной активности и патологии тазобедренного сустава, приведшей к эндопротезированию.

Кроме того, накопленный опыт может быть использован для оптимизации дизайна изоэластических вертлужных компонентов, позволяющего упростить их установку и максимально снизить риск негативных последствий, связанных с их последующим функционированием.

Таким образом, представленное исследование может послужить хорошим началом серьезного разговора о современной роли изоэластических имплантатов в системе тотального эндопротезирования тазобедренного сустава.

### Литература [References]

- Mathys R. History – how the success story of the RM Classic Cup started in Hip-Joint Surgery. In: Horne G. (ed). *The RM Cup: Long-term experience with an elastic Monobloc acetabular implant*. Hamburg: Einhorn-Press; 2008. p. 11-15.
- Pakvis D., Biemond L., van Hellemond G., Spruit M. A cementless elastic monoblock socket in young patients: a ten to 18-year clinical and radiological follow-up. *Int Orthop*. 2011;35(10):1445-1451. doi: 10.1007/s00264-010-1120-7.
- Wyatt M., Weidner J., Pfluger D., Beck M. The RM Pressfit vitamys: 5-year Swiss experience of the first 100 cups. *Hip Int*. 2017;27(4):368-372. doi: 10.5301/hipint.5000469.
- Erivan R., Eymond G., Villatte G., Mulliez A., Myriam G., Descamps S. et al. RM Pressfit® cup: good preliminary results at 5 to 8 years follow-up for 189 patients. *Hip Int*. 2016;26(4):386-391. doi: 10.5301/hipint.5000359.
- Halma J.J., Eshuis R., Vogely H.C., van Gaalen S.M., de Gast A. An uncemented iso-elastic monoblock acetabular component: preliminary results. *J Arthroplasty*. 2015;30(4):615-621. doi: 10.1016/j.arth.2014.11.017.
- Beck M., Delfosse D., Lerf R., Becker R., French G.L., Hollmann L. et al. Oxidation Prevention with Vitamin E in a HXLPE Isoelastic Monoblock Pressfit Cup: Preliminary Results. In: Knahr K. (ed.). *Total Hip Arthroplasty*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012. p. 21-31.
- Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Гончаров М.Ю., Карпухин А.С., Мазуренко А.В., Плиев Д.Г. и др. Достоинства и недостатки современных пар трения эндопротезов тазобедренного сустава (обзор иностранной литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):147-156. doi: 10.21823/2310.21823/2311-2905-2010-0-3-147-156. Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Goncharov M.Y., Karpukhin A.S., Mazurenko A.V., Pliev D.G. et al. [Merits and demerits of modern bearing surfaces of hip implants (review of foreign literature)]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(3):147-156. (In Russian). doi: 10.21823/2310.21823/2311-2905-2010-0-3-147-156.
- Шубняков И.И., Даниляк В.В., Куропаткин Г.В., Плиев Д.Г., Мясоедов А.А., Цыбин А.В. Биоматериалы, используемые в хирургии тазобедренного сустава. В кн.: *Руководство по хирургии тазобедренного сустава*. СПб.: РНИИТО им. Р.П. Вредена; 2014. Т. I. с. 71-111. Shubnyakov I.I., Danilyak V.V., Kuropatkin G.V., Pliev D.G., Myasoedov A.A., Tsybin A.V. [Biomaterials used in hip surgery]. In: *Hip Surgery Guide*. St. Petersburg; 2014. Vol. I. p. 71-111. (In Russian).
- Gasser B. Biomechanical principles and studies, in Hip-Joint Surgery. In: Horne G. (ed). *The RM Cup: Long-term experience with an elastic Monobloc acetabular implant*. Hamburg: Einhorn-Press; 2008. p. 16-21.
- Horne G., Devane P.A., Dalton D.J. Does pelvic osteolysis occur with a nonmodular uncemented acetabular component? *J Arthroplasty*. 2006;21(2):185-190.
- Morscher E., Masar Z. Development and first experience with an uncemented press-fit cup. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;(232):96-103.
- Delfosse D. RM Pressfit-innovation based on clinical history in Hip-Joint Surgery. In: Horne G. (ed). *The RM Cup: Long-term experience with an elastic Monobloc acetabular implant*. Hamburg: Einhorn-Press; 2008. p. 31-39.
- Lerf R., Zurbrugg D., Delfosse D. Use of vitamin E to protect cross-linked UHMWPE from oxidation. *Biomaterials*. 2010;31(13):3643-3648.
- Madörin K., Siepen W., Manzoni I., Stoffel K.K., Ilchmann T., Clauss M. Five-year prospective subsidence analysis of 100 cemented polished straight stems: A concise clinical and radiological follow-up observation. *Orthop Rev (Pavia)*. 2019;11(2):7984. doi: 10.4081/or.2019.7984.
- Siepen W., Zwicky L., Stoffel K.K., Ilchmann T., Clauss M. Prospective two-year subsidence analysis of 100 cemented polished straight stems – a short-term clinical and radiological observation. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17(1):395. doi: 10.1186/s12891-016-1247-9.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Мясоедов Алексей Андреевич — канд. мед. наук, научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

### AUTHOR AFFILIATION:

Alexey A. Myasoedov — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

## Среднесрочные результаты использования индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава

А.Н. Коваленко<sup>1</sup>, А.А. Джавадов<sup>1</sup>, И.И. Шубняков<sup>1</sup>, С.С. Билык<sup>1</sup>, А.О. Денисов<sup>1</sup>,  
М.А. Черкасов<sup>1</sup>, А.И. Мидаев<sup>1</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.П. Вредена» 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

**Введение.** Желание хирурга максимально сохранить костную ткань и обеспечить при этом надежную фиксацию имплантата, с одной стороны, и все большая доступность аддитивных 3D-технологий с другой, привели к расширению использования индивидуальных конструкций, позволяющих минимизировать обработку кости и оптимизировать возможности фиксации ревизионных имплантатов. Индивидуальные имплантаты, как правило, применяются при наиболее сложных дефектах вертлужной впадины и поэтому сопровождаются достаточно большим числом неудовлетворительных результатов и осложнений. **Цель исследования** — оценить краткосрочные клиничко-функциональные результаты, остеоинтеграцию пористого покрытия индивидуальных конструкций, общую выживаемость компонентов конструкций и определить причины неудовлетворительных результатов и осложнений. **Материал и методы.** В ходе исследования удалось опросить, а также оценить рентгенограммы 48 пациентов прооперированных с октября 2015 г. по июнь 2018 г. Пациенты опрашивались до операции и после операции по шкалам тазобедренного сустава Оксфорд, качества жизни EQ-5D, визуальным аналоговым шкалам общего здоровья и боли. Проводилась оценка рентгенограмм в сроки не менее 12 мес. на наличие остеоинтеграции пористого покрытия имплантатов. **Результаты.** Среднее значение по шкале Oxford Hip Score (OHS) выросло с 14,9 ( $\pm 7$ ) до 37,6 ( $\pm 7$ ) баллов ( $p < 0,01$ ). Качество жизни согласно индексу EQ-5D выросло с 0,2 ( $\pm 0,2$ ) до 0,7 ( $\pm 0,2$ ) ( $p < 0,01$ ). Среднее значение по шкале общего здоровья составило: до операций 49 ( $\pm 17$ ) баллов и 73 ( $\pm 18$ ) балла после ( $p < 0,01$ ). Среднее значение согласно визуальной аналоговой шкале боли снизилось с 73 ( $\pm 10$ ) до 19 ( $\pm 19$ ) баллов ( $p < 0,01$ ). Остеоинтеграция наблюдалась в 98 процентах случаев. Миграция конструкции с переломом фланца наблюдалась в одном случае. **Выводы.** Использование индивидуальных конструкций в краткосрочном периоде наблюдения значительно улучшает функции тазобедренного сустава и качество жизни пациентов. Индивидуальные конструкции обеспечивают возможность первичной надежной фиксации в условиях сложных дефектов вертлужной впадины. В сроки не менее 12 мес. наблюдается высокий процент остеоинтеграций индивидуальных вертлужных компонентов с пористым покрытием. Необходимо более длительное наблюдение для оценки долгосрочных результатов.

**Ключевые слова:** индивидуальная вертлужная конструкция, ревизионное эндопротезирование, тазобедренный сустав.

Коваленко А.Н., Джавадов А.А., Шубняков И.И., Билык 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.

**Cite as:** Kovalenko A.N., Dzhavadov A.A., Shubnykov 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]. *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.

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

Рукопись поступила/Received: 10.06.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 05.09.2019.

## Mid-term Outcomes of Using Custom-Made Implants for Revision Hip Arthroplasty

A.N. Kovalenko<sup>1</sup>, A.A. Dzhavadov<sup>1</sup>, I.I. Shubnykov<sup>1</sup>, S.S. Bilyk<sup>1</sup>, A.O. Denisov<sup>1</sup>, M.A. Cherkasov<sup>1</sup>, A.I. Midaev<sup>1</sup>, R.M. Tikhilov<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Introduction.** The matter of the replacement of acetabular defects is becoming increasingly relevant today. In their clinic the authors used custom-made implants with trabecular coating for replacement of defects in the acetabulum where and when it was necessary to ensure extended fixation of the component. **Purpose** — to evaluate short-term clinical and functional outcomes, osteointegration of porous coated custom-made implants, the overall survival of structural components and to identify the causes of failures and complications. **Materials and Methods.** During the study the authors interviewed and evaluated radiographs of 48 patients operated from October 2015 to June 2018. The patients were interviewed before and after the surgery using the Oxford hip joint scale, quality of life EQ-5D and visual analogue pain scale. Radiographs were evaluated for a period of at least 12 months for the signs of osteointegration. **Results.** The average OHS scores increased from 14.9 ( $\pm 7$ ) to 37.6 ( $\pm 7$ ) ( $p < 0.01$ ). Quality of life according to the EQ-5D index increased from 0.2 ( $\pm 0.2$ ) to 0.7 ( $\pm 0.2$ ) ( $p < 0.01$ ). The average value by general health scales: before operations — 49 ( $\pm 17$ ) and 73 ( $\pm 18$ ) scores after surgeries ( $p < 0.01$ ). The average VAS pain score decreased from 73 ( $\pm 10$ ) to 19 ( $\pm 19$ ) points ( $p < 0.01$ ). Osteointegration was observed in 98 percent of cases. Migration of the implant with fracture of a flange was observed in one case. **Conclusions.** In the short-term follow up the use of custom-made implants significantly improves hip joint function and the patients' life quality. Custom-made implants enable primary reliable fixation in case of complex acetabular defects. High rate of osteointegration is observed for custom-made implants with porous coating within at least 12 months. Longer follow-up is needed to evaluate long-term results.

**Keywords:** custom-made implants, hip revision arthroplasty.

### Введение

Во всем мире растет количество выполняемых операций первичного эндопротезирования тазобедренного сустава (ТБС), обуславливая неминуемый рост абсолютного числа ревизий [1, 2, 3, 4]. Ревизионные вмешательства характеризуются большей сложностью, нередко требуют значительных материальных затрат и сопровождаются существенно более высокой частотой интра- и послеоперационных осложнений. Инфекция, вывихи, перипротезные переломы и асептическое расшатывание наблюдаются в 5–15 раз чаще при ревизии, чем при первичной замене ТБС в сопоставимые сроки наблюдения [5, 6, 7]. Одной из причин высокой частоты неудач при ревизионном эндопротезировании являются разной степени выраженности дефекты костей, затрудняющие надежную фиксацию компонентов и требующие нестандартных технических решений.

Значительные костные дефекты вертлужной впадины все чаще встречаются в нашей практике как неизбежное следствие многократных операций на тазобедренном суставе, в том числе связанных с лечением перипротезной инфекции. Выбор

способа обеспечения надежной фиксации вертлужного компонента и метода замещения дефекта зависят от его величины, характера (кавитарный или сегментарный), возможностей клиника и предпочтений оперирующего хирурга. В арсенале хирургов на сегодняшний день имеются различные технологии, направленные на восстановление кости: от импакционной костной пластики с цементной фиксацией чашки до замещения ограниченных дефектов аллогенными трансплантатами в сочетании с использованием высокопористых вертлужных компонентов, а при необходимости — вместе с аугментами, антипротрузионными кольцами и различные их комбинации [8, 9, 10]. Однако выраженная гетерогенность костных дефектов по величине, локализации и причине их возникновения требует значительного разнообразия технических решений: подготовки костного ложа под серийные вертлужные компоненты и металлические аугменты иногда заставляет удалять значительный объем кости [11, 12, 13]. Желание хирурга максимально сохранить костную ткань и обеспечить при этом надежную фиксацию имплантата, с одной стороны, и все большая доступность аддитивных

3D-технологий, с другой, привели к расширению использования индивидуальных конструкций (ИК), позволяющих минимизировать обработку кости и оптимизировать возможности фиксации ревизионных имплантатов. Индивидуальные имплантаты, как правило, применяются при наиболее сложных дефектах вертлужной впадины, нередко как операция отчаяния, и поэтому, по данным литературы, сопровождаются достаточно большим числом неудовлетворительных результатов и осложнений [14, 15, 16].

В связи с этим в нашем исследовании были поставлены следующие вопросы:

- 1) насколько улучшилась функция ТБС и качество жизни пациентов после выполненной операций с использованием ИК;
- 2) какова выживаемость ИК и степень их остеоинтеграции;
- 3) каковы причины неудовлетворительных результатов и осложнений.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

В проспективном исследовании мы оценили среднесрочные результаты использования индивидуально разработанных и изготовленных методом 3D-печати имплантатов для реконструкции вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании ТБС. По государственной программе клинической апробации с октября 2015 г. по июнь 2018 г. одной хирургической бригадой было выполнено 75 ревизий вертлужного компонента с использованием индивидуальных конструкций у 71 пациента. Результаты со сроком наблюдения не менее 12 мес. удалось оценить в 50 случаях

(48 пациентов), что составило 67% от общего числа выполненных ревизий.

### Пациенты

В исследование вошли 8 мужчин и 40 женщин со средним возрастом 54 года (от 27 до 80), которым было выполнено 50 ревизионных операций (две женщины были оперированы с обеих сторон). Причиной ревизии в 35 (70%) случаях стало асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, а в 15 (30%) наблюдениях — этапное лечение перипротезной инфекции. Количество предшествующих вмешательств колебалось от 1 до 4. В 33 случаях была выполнена ревизия вертлужного и бедренного компонентов, а в 17 наблюдениях — только реконструкция вертлужной впадины с сохранением бедренного компонента.

Оценка дефектов вертлужной впадины проводилась с использованием классификации W. Paprosky [17, 18], однако учитывая значительную вариабельность и ограниченную валидность данной классификации [19, 20], предоперационные дефекты вертлужной впадины дополнительно оценивались с использованием технологии 3D-моделирования на основании данных компьютерной томографии по следующим критериям: степень потери костной ткани и качество оставшейся кости. Дефекты 2А, 2В и 2С типов наблюдались у 6 пациентов, 3А — в 17 случаях и 3В — в 25 случаях, у 2 больных наблюдалась диссоциация тазового кольца (табл.).

Полные сведения о пациентах, дефектах вертлужной впадины и типах используемых имплантатов приведены в электронной версии статьи на сайте журнала\*.

Таблица

Распределение имплантатов в зависимости от типа дефекта

Дефект по классификации Paprosky	Имплантат				Итого
	Аугмент	Полусфера	Трехфланцевая конструкция	“Конус мороженого”	
2А	0	1	0	0	1
2В	1	1	0	0	2
2С	0	3	0	0	3
3А	11	4	2	0	17
3В	1	1	23	0	25
Диссоциация тазового кольца	0	0	1	1	2
Всего	13	10	26	1	50

\* <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46tab>

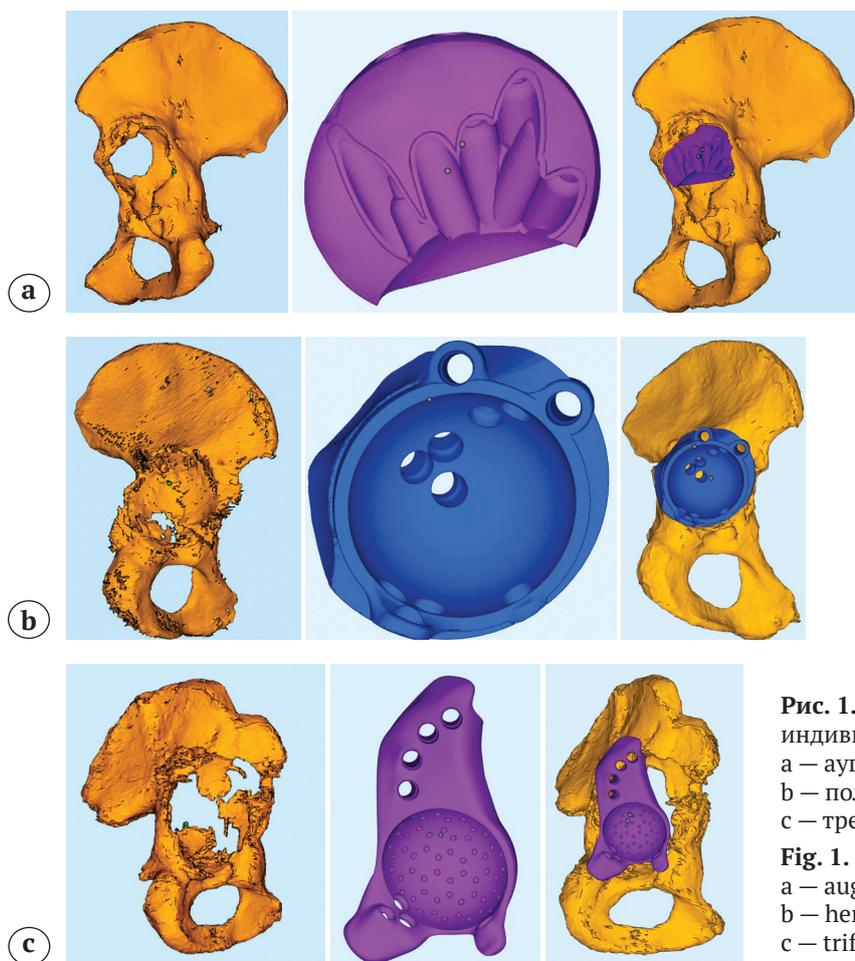
**Индивидуальные имплантаты**

Во всех случаях индивидуальные имплантаты проектировались лабораторией 3D моделирования РНИИТО им. Р.Р. Вредена при помощи свободного программного продукта 3Dslicer 4,5. Проектирование осуществлялось на основании КТ-исследования тазовых костей и тазобедренного сустава с шагом 0,6 мм, выполненном на томографе Toshiba Aquilon/Prime. В программе 3Dslicer производилось сегментирование костей таза и оценивался дефект вертлужной впадины. Все этапы проектирования согласовывались с оперирующим хирургом в отношении предполагаемой площади контакта с костью, направления проведения винтов, положения центра ротации.

Планируемые антеверсия и инклинация трехфланцевого вертлужного компонента составили 20° и 40° соответственно. Для индивидуальных аугментов и полусферических вертлужных компонентов индивидуальной конструкции основное значение имело планируемое направление винтов,

ориентированных в зону наиболее перспективной костной массы. Производство пористых индивидуальных конструкций осуществлялось компаниями «Эндопринт» (Москва, Россия) и LogeeksMS (Новосибирск, Россия).

Индивидуальные аугменты использовались при невозможности применения серийных аугментов из трабекулярного металла (отсутствие соответствующих размеров) или с целью заменить одним индивидуальным аугментом несколько серийных. Индивидуальные полусферические чашки применялись в ситуациях ограниченного контакта с жизнеспособной подлежащей костью, требующей надежной винтовой фиксации или при необходимости установки вертлужных компонентов с двойной мобильностью. Трехфланцевые индивидуальные конструкции использовались в условиях наиболее тяжелых дефектов кости, требующих расширенной зоны контакта имплантата с оставшейся костью (рис. 1).



**Рис. 1.** Варианты применяемых индивидуальных конструкций:

- a — аугмент;
- b — полусферический компонент;
- c — трехфланцевый компонент

**Fig. 1.** Options of custom-made implants:  
 a — augment;  
 b — hemispherical component;  
 c — triflange component

### Хирургическая техника

Для выполнения реконструкции вертлужной впадины в 16 наблюдениях осуществлялся доступ с расширенной вертельной остеотомией бедра для удаления хорошо фиксированного бедренного компонента, в 38 наблюдениях использовался наружный боковой доступ, в 9 — задний, а в 3 случаях комбинированный передне-задний доступ к тазобедренному суставу. Костная пластика с импактированием аллогенной крошкой выполнялась у всех пациентов с ограниченными дефектами вертлужной впадины. Во время выполнения реконструкции вертлужной впадины для точной интраоперационной навигации использовались пациент-специфичные вспомогательные средства: тестовые модульные или моноблочные имплантаты, направлятели для сверл и трехмерные анатомические пластиковые модели полутаза.

Этапы операции включали обработку вертлужной впадины с удалением инородных тел и рубцовой ткани до кровоточащей кости с последующей имплантацией ИК и его фиксацией винтами. При необходимости использовалась аллокостная пластика измельченными трансплантатами. На заключительном этапе в ИК с помощью костного цемента устанавливали стандартный полиэтиленовый вкладыш или полиэтиленовую чашку цементной фиксации, либо, при необходимости, цементируемую чашку с технологией двойной мобильности.

### Оценка результатов

В до- и послеоперационном периодах использовались шкалы оценки функции тазобедренного сустава Oxford Hip Score (OHS) [21], качества жизни EQ-5D [22], визуальные аналоговые шкалы общего здоровья и боли [23]. На послеоперационных рент-

генограммах оценивали наличие остеоинтеграции с использованием критериев Moore с соавторами [24]: 1) отсутствие рентгенопрозрачных линий; 2) наличие в верхнелатеральной области контакта кортикальной или плотной губчатой кости; 3) гипертрофия костной ткани в медиальной области контакта (медиальный стресс-шилдинг); 4) радиальные костные трабекулы, направленные перпендикулярно поверхности вертлужного компонента; 5) наличие в интермедиальной области контакта кортикальной или плотной губчатой кости.

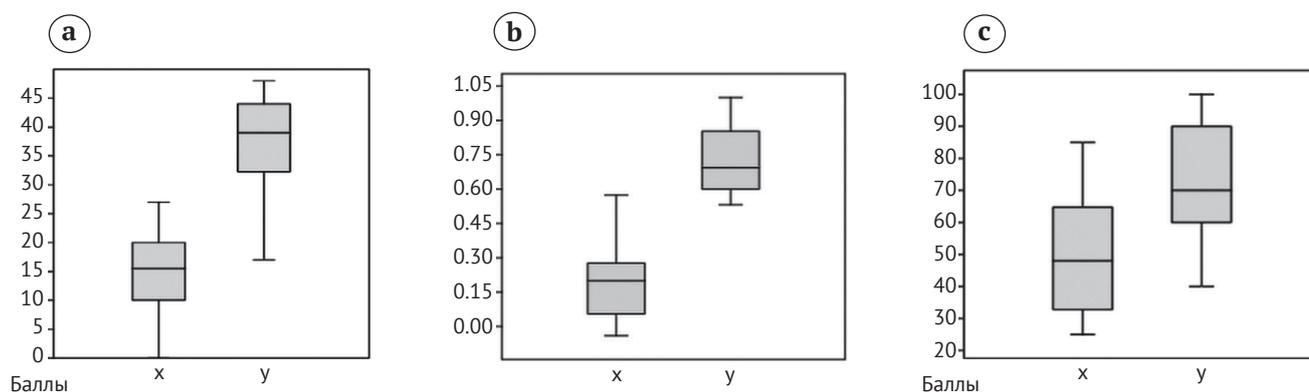
### Статистическая обработка

Для статистической обработки был использован непараметрический критерий Вилкоксона. Расчеты выполнялись с помощью программного пакета Past 3.14.

### Результаты

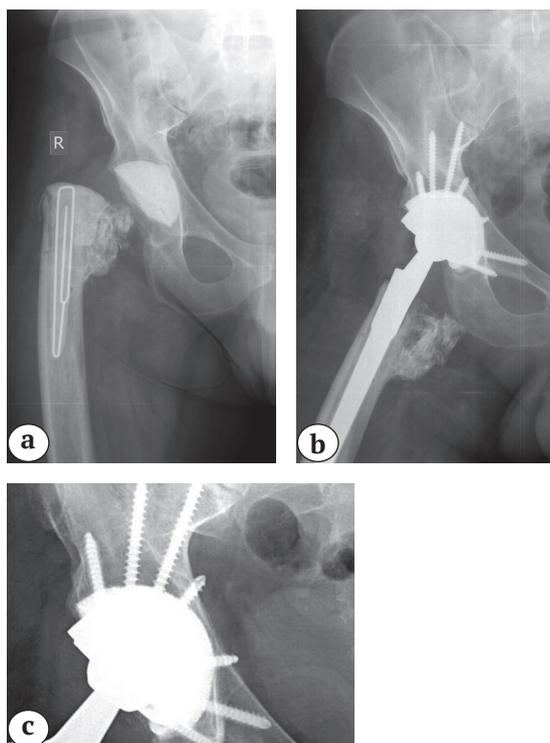
Среднее значение по шкале OHS улучшилось с 14,9 ( $\pm 7$ ) баллов перед операцией до 37,6 ( $\pm 7$ ) баллов ( $p < 0,01$ ) после операции (рис. 2а). Индекс качества жизни по EQ-5D вырос с 0,2 ( $\pm 0,2$ ) перед операцией до 0,7 ( $\pm 0,2$ ) после ее выполнения ( $p < 0,01$ ) (рис. 2б). Средняя оценка по шкале общего здоровья составила до операции 49 ( $\pm 17$ ) баллов и 73 ( $\pm 18$ ) балла после ( $p < 0,01$ ) (рис. 2с). Средний показатель выраженности болевого синдрома по ВАШ снизился с 73 ( $\pm 10$ ) до 19 ( $\pm 19$ ) баллов после операций ( $p < 0,01$ ).

Остеоинтеграция ИК, согласно критериям M.S. Moore с соавторами, наблюдалась в 98% (49/50) случаев, в одном случае наблюдалась миграция конструкции, которая привела к перелому фланца. Наиболее четко признаки остеоинтеграции проявляются после имплантации индивидуальных полусферических компонентов (рис. 3).



**Рис. 2.** Оценка функционального состояния и качества жизни пациентов до и после выполнения операций: а — функция тазобедренного по шкале OHS; б — индекс качества жизни EQ-5D; в — шкала общего здоровья; х — до операции; у — после операции

**Fig. 2.** Evaluation of functional status and life quality in patients prior to and after the surgery: а — hip function according to the OHS; б — Quality of Life Index EQ-5D; в — General Health Scale; х — before surgery; у — after surgery



**Рис. 3.** Рентгенограммы пациента 37 лет:

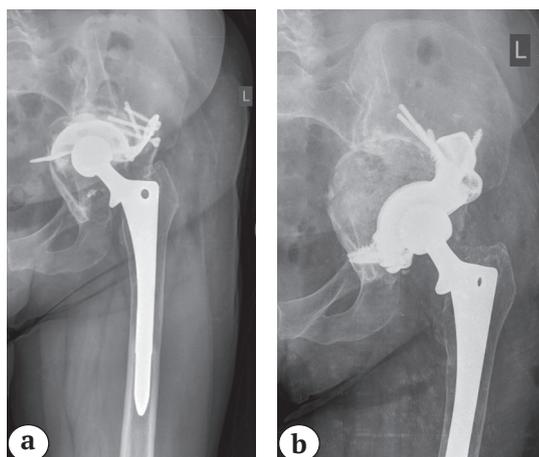
а — до операции: при незначительном разрушении вертлужной впадины имеется значительный дефект проксимального отдела бедренной кости с потерей места прикрепления абдукторов; б — ввиду высокого риска вывиха пациенту установлена индивидуальная полусферическая чашка и использована система с двойной мобильностью; с — через 2 года после ревизии не отмечается рентгенопрозрачных линий вокруг вертлужного компонента, что может свидетельствовать об остеointegrации пористой чашки с подлежащей костью

**Fig. 3.** X-rays of male patient, 37 y.o.:

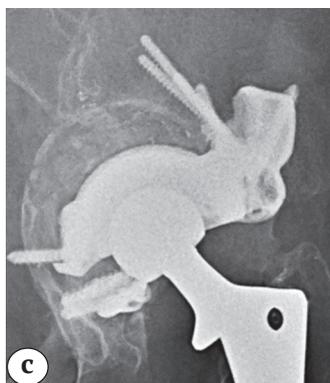
a — prior to revision: mild destruction of the acetabulum, significant defect in the proximal femur with loss of attachment site of the abductors;

b — postop: custom-made hemispherical cup with individual screw positions and a dual mobility system were used due to the high risk of dislocation;

c — 2 years after revision: no radiolucent lines around the acetabular component indicating osteointegration of the porous cup coating with the underlying bone



В серии из 75 имплантаций достоверно известно о невропатии седалищного нерва у одной пациентки, 2 случаях вывихов, 3 случаях инфекций и одном переломе конструкции (рис. 4), при котором ревизия не выполнялась. Все пациенты, у которых наблюдались инфекционные осложнения после имплантации индивидуальных конструкций, в анамнезе уже имели эпизоды перипротезной инфекции.



**Рис. 4.** Рентгенограммы пациентки 66 лет:

а — до операции: асептическая нестабильность вертлужного компонента, ограниченный дефект области вертлужной впадины;

б — выполнена пластика аллогенной костной крошкой ограниченного дефекта вертлужной впадины, установлена индивидуальная трехфланцевая конструкция; с — через 2 года после ревизии отмечается резорбция костнопластического материала, перелом седалищного фланца

**Fig. 4.** X-rays of female patient, 66 y.o.:

a — prior to revision: aseptic instability of the acetabular component, contained acetabular defect;

b — postop: hip reconstruction with allogeneic bone chips and a custom-made triflange implant;

c — 2 years after revision: resorption of allogenic bone, fracture of the sciatic flange

## Обсуждение

Применение индивидуальных вертлужных компонентов не является чем-то революционным. Первые операции выполнялись еще в начале 1990-х гг., но широкое распространение данная технология получила с развитием и повышением доступности метода 3D-печати из металлических порошков. В нашей стране первая операция с использованием индивидуальной конструкции была выполнена лишь в 2015 г. [25]. Но благодаря государственной поддержке широкое распространение и повышение доступности аддитивного производства в России привело к тому, что в настоящий момент число имплантаций индивидуальных конструкций исчисляется десятками в крупных центрах эндопротезирования [26, 27]. Однако, учитывая повышенную сложность операций и отсутствие четко сформированной философии применения персонализированных имплантатов при ревизии, многие аспекты применения индивидуальных конструкций требуют изучения и тщательного наблюдения. Остаются открытыми вопросы необходимой и достаточной площади контакта индивидуального имплантата с костью для достижения остеоинтеграции, минимально необходимое количество дополнительных фиксирующих элементов для надежной фиксации, возможность или необходимость использования костной аллопластики.

В нашей практике мы применяли несколько вариантов индивидуальных конструкций для ревизионной реконструкции вертлужной впадины. Использование индивидуальных аугментов, а также индивидуальных полусферических чашек недостаточно широко освещено в мировой литературе [28]. Но эти типы конструкций, по нашему мнению, имеют ряд преимуществ перед серийными аугментами, а также полусферическими чашками с большим количеством отверстий: более точное соответствие размеру дефекта не требуют избыточного удаления неповрежденной кости, а отверстия для винтов ориентированы в участки наиболее прочной костной ткани. Это позволяет обеспечить надежную первичную фиксацию и создать условия для дальнейшей остеоинтеграции ИК. В свою очередь, трехфланцевые конструкции обладают наибольшим потенциалом в отношении увеличения зоны контакта со здоровой костью и обеспечения надежной фиксации в самых сложных ситуациях (дефекты типа 3B по Paprosky и pelvis discontinuity). При необходимости величина фланца может быть увеличена, а также получена дополнительная опора на крестцовую массу подвздошной кости с помощью специальных фиксирующих элементов типа «конус мороженого» [29, 30].

По данным литературы, использование индивидуальных трехфланцевых вертлужных компонентов и конструкций типа «конуса мороженого» сопровождаются более высоким уровнем осложнений и неудовлетворительных результатов. Вероятно, это связано, в первую очередь, с применением таких имплантатов в наиболее сложных случаях ревизии вертлужного компонента [14, 15, 16, 31]. Но существует и другая проблема — нарушение позиционирования индивидуальных конструкций [32, 33], которое может потенциально ограничить зону контакта с костью. Тем не менее в нашем исследовании со средним сроком наблюдения 20,5 мес. 98% пациентов на рентгенограммах имели признаки стабильной фиксации на границе костной ткани и пористого покрытия, изготовленного методом трехмерной печати. Это имеет и адекватное клиническое подтверждение — среднее значение по шкале OHS увеличилось с 14,9 ( $\pm 7$ ) до 37,6 ( $\pm 7$ ) баллов, индекс качества жизни EQ-5D также вырос с 0,2 ( $\pm 0,2$ ) до 0,7 ( $\pm 0,2$ ), среднее значение по шкале общего здоровья составило: до операций 49 ( $\pm 17$ ) баллов и 73 ( $\pm 18$ ) балла после, а среднее значение согласно визуальной аналоговой шкале боли снизилось с 73 ( $\pm 10$ ) до 19 ( $\pm 19$ ) баллов.

Таким образом, использование индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании обеспечивает существенное улучшение функции и качества жизни пациентов. Возможность обеспечения надежной первичной стабилизации индивидуального имплантата в условиях самых сложных дефектов вертлужной впадины и способность к вторичной биологической фиксации с сохранившимся костным ложем открывают дополнительные перспективы для использования в ревизионной хирургии. Однако сложная геометрия и массивность таких эндопротезов затрудняет их позиционирование во время операции, что может привести к не совсем корректной установке ИК, частота мальпозиции достигает от 44% до 75% [34], что может влиять на долгосрочную эффективность их использования. Возможно, дальнейшее развитие технологий компьютерной навигации позволит улучшить интраоперационную визуализацию и повысит качество позиционирования ИК.

Достаточно высокая частота инфекционных осложнений (4%) связана с изначальной тяжестью состояния пациентов с большим числом факторов риска и наличием инфекции в анамнезе.

Из других проблем в нашем исследовании мы столкнулись только с вывихами и переломом фланца. К сожалению, даже планируемые на основе 3D-визуализации таза оптимальные антеверсия и наклон вертлужного компонента не позволяют предотвратить вывихи, связанные с мышечной

недостаточностью, нарушенными позвоночно-тазовыми взаимоотношениями и импинджментом компонентов эндопротеза.

Перелом фланца компонента не был связан с дефектом производства или проектирования имплантата — как мы знаем, имплантат в организме подвергается колоссальным нагрузкам, которых порой не выдерживают даже массивные имплантаты из кобальт-хромового сплава. Проблема перелома фланца лежит в плоскости биомеханики, которая еще недостаточно изучена в отношении индивидуальных вертлужных компонентов. У пациента с переломом конструкции в нашей серии имелся ограниченный дефект области вертлужной впадины, при реконструкции которого применялась пластика аллогенной костной крошкой. Вероятной причиной перелома, на наш взгляд, явилась резорбция пластического материала. Возможно, это в условиях циклических нагрузок привело к перелому фланца.

Серьезным вопросом остается также замещение дефекта костной ткани массивным металлическим имплантатом, что может в дальнейшем привести к еще большему разрушению кости. Поэтому будущие исследования должны быть направлены на поиск путей восстановления костной основы в условиях использования индивидуальных имплантатов.

#### Этика публикации

Исследование имеет одобрение локального этического комитета, все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Коваленко А.Н.* — 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.

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

*Билык С.С.* — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

*Денисов А.О.* — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование.

*Черкасов М.А.* — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

*Мидаев А.И.* — сбор и обработка материала, проведение исследований, подготовка текста.

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

#### Литература [References]

- 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.
- 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.
- Kowalik T.D., DeHart M., Gehling H., Gehling P., Schabel K., Duwelius 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.
- 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.
- Jafari S.M., Coyle C., Mortazavi S.M., Sharkey P.F., Parvizi J. Revision hip arthroplasty: infection is the most common cause of failure. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(8):2046-2051. doi: 10.1007/s11999-010-1251-6.
- 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.
- Badarudeen S., Shu A.C., Ong K.L., Baykal D., Lau E., Malkani A.L. Complications after revision total hip arthroplasty in the medicare population. *J Arthroplasty*. 2017;32(6):1954-1958. doi: 10.1016/j.arth.2017.01.037.
- Migaud 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):S53-61. doi: 10.1016/j.otsr.2018.04.030.
- 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.
- 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.Ju., Petrov N.V., Rukin Ja.A., Elizarov P.M., Kalashnik A.D. [Acetabular revision arthroplasty]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Department of Traumatology and Orthopedics]. 2012;(1):20-25. (In Russian).
- Christie M.J., Barrington S.A., Brinson M.F., Ruhling M.E., DeBoer D.K. Bridging massive acetabular defects with the triflange cup: 2- to 9-year results. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(393):216-227. doi: 10.1097/00003086-200112000-00024.

12. Волокитина Е.А., Хабиб М.С.С. Эндопротезирование тазобедренного сустава при деформациях и дефектах вертлужной впадины (обзор литературы). *Уральский медицинский журнал*. 2018;(1):56-63. Volokitina E.A., Khabib 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. Holt G.E., Dennis D.A. Use of custom triflanged acetabular components in revision total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;429:209-214. doi: 10.1097/01.blo.0000150252.19780.74.
14. Citak M., Kochsiek L., Gehrke T., Haasper C., Suero E.M., Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the management of extensive defects. *Hip Int*. 2018;28(3):266-271. doi: 10.5301/hipint.5000561.
15. Kieser D.C., Ailabouni R., Kieser S.C.J., Wyatt M.C., Armour P.C., Coates M.H., Hooper G.J. The use of an Ossis custom 3D-printed tri-flanged acetabular implant for major bone loss: minimum 2-year follow-up. *Hip Int*. 2018;28(6):668-674. doi: 10.1177/1120700018760817.
16. Martino I.D., Strigelli V., Cacciola G., Gu A., Bostrom M.P., Sculco P.K. Survivorship and Clinical Outcomes of Custom Triflange Acetabular Components in Revision Total Hip Arthroplasty: A Systematic Review *J Arthroplasty*. 2019. pii: S0883-5403(19)30515-7. doi: 10.1016/j.arth.2019.05.032.
17. Telleria J.J., Gee O.A. Classifications In Brief: Paprosky Classification of Acetabular Bone Loss. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(11):3725-3730. doi: 10.1007/s11999-013-3264-4.
18. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О. Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):122-141. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O. Classifications of Acetabular Defects: Do They Provide an Objective Evidence for Complexity of Revision Hip Joint Arthroplasty? (Critical Literature Review and Own Cases). *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(1):122-141. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.
19. Yu R., Hofstaetter J.G., Sullivan T., Costi K., Howie D.W., Solomon L.B. Validity and reliability of the Paprosky acetabular defect classification. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(7):2259-2265. doi: 10.1007/s11999-013-2844-7.
20. Gozzard C., Blom A., Taylor A., Smith E., Learmonth I. A comparison of the reliability and validity of bone stock loss classification systems used for revision hip surgery. *J Arthroplasty*. 2003;18(5):638-642. doi: 10.1016/s0883-5403(03)00107-4.
21. Nilsdotter A., Bremander A. Measures of Hip Function and Symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011; 63(Suppl 11):S200-207. doi: 10.1002/acr.20549.
22. Judge A., Arden N.K., Kiran A., Price A., Javaid M.K., Beard D. et al. Interpretation of patient-reported outcomes for hip and knee replacement surgery: identification of thresholds associated with satisfaction with surgery. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94(3):412-418. doi: 10.1302/0301-620X.94B3.27425.
23. Mancuso C.A., Salvati E.A., Johanson N.A., Peterson M.G., Charlson M.E. Patients' expectations and satisfaction with total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1997;12(4):387-396. doi: 10.1016/s0883-5403(97)90194-7.
24. Moore M.S., McAuley J.P., Young A.M., Engh C.A. Radiographic Signs of Osseointegration in Porous-coated Acetabular Components. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;444:176-183. doi: 10.1097/01.blo.0000201149.14078.50.
25. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Бильк С.С., Цыбин А.В., Денисов А.О., Дмитриевич Г.Д., Вопиловский П.Н. Применение индивидуальной трехфланцевой конструкции при ревизионном эндопротезировании с нарушением целостности тазового кольца (клинический случай). *Травматология и ортопедия России*. 2016;(1):108-116. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-108-116. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Bilyk S.C., Tsybin A.V., Denisov A.O., Dmitrevich G.D., Vopilovsky P.N. Using custom triflange implant in revision hip arthroplasty in patient with pelvic discontinuity (case report). *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;(1):108-116. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-108-116.
26. Корыткин А.А., Захарова Д.В., Новикова Я.С., Горбатов Р.О., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. Опыт применения индивидуальных трехфланцевых вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(4):101-111. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111. Korytkin A.A., Zakharova D.V., Novikova Y.S., Gorbatov R.O., Kovaldov K.A., El Moudni Y.M. Custom triflange acetabular components in revision hip replacement (experience review). *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(4):101-111. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111.
27. Kavalerskiy G.M., Murylev V.Y., Rukin Y.A., Elizarov P.M., Lychagin A.V., Tselisheva E.Y. Three-dimensional models in planning of revision hip arthroplasty with complex acetabular defects. *Indian J Orthop*. 2018;52(6):625-630. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho.556.16.
28. Volpin A., Konan S., Biz C., Tansey R.J., Haddad F.S. Reconstruction of failed acetabular component in the presence of severe acetabular bone loss: a systematic review. *Musculoskelet Surg*. 2019;103(1):1-13. doi: 10.1007/s12306-018-0539-7.
29. Issa S-P., Biau D., Babinet A., Dumaine V., Hanneur M.L., Anract P. Pelvic reconstructions following peri-acetabular bone tumour resections using a cementless ice-cream cone prosthesis with dual mobility cup. *Int Orthop*. 2018;42(8):1987-1997. doi: 10.1007/s00264-018-3785-2.
30. Fisher N.E., Patton J.T., Grimer R.J., Porter D., Jeys L., Tillman R.M. et al. Ice-cream cone reconstruction of the pelvis: a new type of pelvic replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(5):684-688. doi: 10.1302/0301-620X.93B5.25608.
31. Glas P.Y., Bėjui-Hugues J., Carret J.P. [Total hip arthroplasty after treatment of acetabular fracture]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2005;91(2):124-131. (in French).
32. Paprosky W., Muir J. Intellijoint HIP®: a 3D mini-optical navigation tool for improving intraoperative accu-

- racy during total hip arthroplasty. *Med Devices (Auckl)*. 2016;9:401-408. doi: 10.2147/MDER.S119161.
33. Baauw M., van Hellemond G.G., van Hooff M.L., Spruit M. The accuracy of positioning of a custommade implant within a large acetabular defect at revision arthroplasty of the hip. *Bone Joint J*. 2015;97-B(6):780-785. doi: 10.1302/0301-620X.97B6.35129.
34. Коваленко А.Н., Тихилов Р.М., Билык С.С., Шубняков И.И., Черкасов М.А., Денисов А.О. Позиционирование индивидуальных вертлужных компонентов при ревизиях тазобедренного сустава: действительно ли они подходят как «ключ к замку»? *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2017;(4): 31-37. doi: 10.32414/0869-8678-2017-4-31-37.
- Kovalenko A.N., Tikhilov R.M., Bilyk S.S., Shubnyakov I.I., Cherkasov M.A., Denisov A.O. Positioning of custommade acetabular components at revision hip arthroplasty: do they really match as “a key and a lock”? *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2017;(4): 31-37. (In Russian). doi: 10.32414/0869-8678-2017-4-31-37.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Коваленко Антон Николаевич* — канд. мед. наук, научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Джавадов Алисагиб Аббасович* — лаборант-исследователь ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Шубняков Игорь Иванович* — д-р мед. наук, главный научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Билык Станислав Сергеевич* — лаборант-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Денисов Алексей Олегович* — канд. мед. наук, ученый секретарь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Черкасов Магомед Ахмедович* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Мидаев Али Илесович* — клинический ординатор, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Тихилов Рашид Муртузалиевич* — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Anton N. Kovalenko* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Alisagib A. Dzavadov* — Research Assistant, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Igor I. Shubnyakov* — Chief Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Stanislav S. Bilyk* — Research Assistant, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexey O. Denisov* — Cand. Sci. (Med.), Academic Secretary, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Magomed A. Cherkasov* — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Ali I. Midaev* — Clinical Resident, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Rashid M. Tikhilov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Director, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; professor, Traumatology and Orthopedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

## Применение индивидуальных шаблонов при тройной остеотомии таза у детей с диспластическим подвывихом бедра (предварительные результаты)

П.И. Бортулёв<sup>1</sup>, С.В. Виссарионов<sup>1,2</sup>, В.Е. Басков<sup>1</sup>, Д.Б. Барсуков<sup>1</sup>,  
И.Ю. Поздникин<sup>1</sup>, М.С. Познович<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт 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

**Цель исследования** — оценить степень коррекции пространственного положения вертлужной впадины после тройной остеотомии таза с применением индивидуальных шаблонов у детей с диспластическим подвывихом бедра. **Материал и методы.** В исследование вошли 30 пациентов (30 тазобедренных суставов) с диспластическим подвывихом бедра в возрасте от 14 до 18 лет (средний возраст 16,3±1,4). Все дети были разделены на две группы — основную группу составили 15 детей (15 тазобедренных суставов), которым тройная остеотомия таза была выполнена с использованием персонифицированных шаблонов, изготовленных с применением технологий 3D-моделирования и прототипирования; контрольную группу составили 15 детей (15 тазобедренных суставов), которым тройная остеотомия таза осуществлена на основании проведения стандартного предоперационного планирования. Всем пациентам проведено лучевое обследование, включающее рентгенографию тазобедренных суставов и компьютерную томографию. **Результаты.** У пациентов основной группы значения как величин, характеризующих пространственное положение вертлужной впадины, так и интегральных показателей, относящихся к определению соотношений между тазовым и бедренным компонентом сустава и характеризующих стабильность тазобедренного сустава, находились в диапазоне нормальной вариации. Аналогичные средние показатели у пациентов контрольной группы выходили за предел нижней границы физиологической нормы ( $p < 0,05$ ). Помимо этого, значения стандартного отклонения по вышеуказанным рентгенологическим показателям у ряда пациентов контрольной группы имели выраженную вариабельность, что характеризовалось значениями как гипер-, так и гипокоррекции пространственного положения ацетабулярного фрагмента. **Заключение.** Применение индивидуальных шаблонов в ходе выполнения реориентирующей тройной остеотомии таза при лечении детей с диспластическим подвывихом бедра, в отличие от общепринятой методики планирования, позволяет нивелировать возможные погрешности пространственного положения вертлужной впадины как в сторону гипер-, так и гипокоррекции ( $p < 0,05$ ) тазового компонента. Это создает условия для обеспечения адекватной стабильности тазобедренного сустава, что подтверждается значениями основных рентгенологических индексов, укладывающихся в диапазон их нормальных значений.

**Ключевые слова:** диспластический подвывих бедра, дети, тройная остеотомия таза, 3D-моделирование и прототипирование, индивидуальные шаблоны, гиперкоррекция.

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(3):47-56. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-47-56.

**Cite as:** Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Poznovih 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.

✉ Бортулёв Павел Игоревич / Pavel I. Bortulev; e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 07.05.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 01.08.2019.

## Patient-Specific Templates for Triple Pelvic Osteotomy in Children with Dysplastic Hip Subluxation (Preliminary Results)

P.I. Bortulev<sup>1</sup>, S.V. Vissarionov<sup>1,2</sup>, V.E. Baskov<sup>1</sup>, D.B. Barsukov<sup>1</sup>, I.Yu. Pozdnyukov<sup>1</sup>, M.S. Poznovih<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Purpose of the study** — to evaluate the degree of correction of acetabular spatial position after triple pelvic osteotomy using patient-specific templates in children with dysplastic hip subluxation. **Materials and methods.** Study included 30 patients (30 hips) with dysplastic hip subluxation aging from 14 to 18 years (mean age of 16.3±1.4). All children were divided into two groups — main group consisted of 15 children (15 hips) who underwent triple pelvic osteotomy using patient-specific templates produced by 3D modeling and prototyping technology; control group consisted of 15 children (15 hips) who underwent triple pelvic osteotomy based on standard preoperative planning. X-ray and CT of hip joints was made in all patients. **Results.** Parameters of acetabular spatial position as well as integral parameters which define the ratio between acetabulum and femoral components and hip stability were in the range of normal variation in patients of the main group. Similar average parameters in patients of control group were below the lower margin of the physiological norm ( $p<0.05$ ). Besides, the values of standard deviation of abovementioned X-ray parameters in some patients of control group demonstrated pronounced variability characterized by hyper- and hypo-correction values of spatial position of acetabular fragment. **Conclusion.** In contrast to standard preoperative planning the use of patient-specific templates during re-orienting triple pelvic osteotomy in children with dysplastic hip subluxation allows to level out possible errors in three-dimensional acetabulum positioning towards hyper- and hypo-correction ( $p<0.05$ ) of pelvic component. This creates conditions to ensure adequate hip stability which is confirmed by key X-ray indices with values within normal reference range.

**Keywords:** dysplastic hip subluxation, children, triple pelvic osteotomy, 3D modeling and prototyping, patient-specific templates.

### Введение

Дисплазия тазобедренных суставов остается одним из наиболее встречающихся заболеваний костно-мышечной системы у детей. Согласно данным, представленным различными авторами, частота этой патологии в разных странах варьирует от 2 до 50 и более случаев на 1000 новорожденных [1–5]. Несмотря на постоянно совершенствующиеся методы диагностики ортопедических заболеваний, процент несвоевременного выявления дисплазии тазобедренных суставов остается довольно высоким [6]. В связи с врожденным недоразвитием передне-верхнего края вертлужной впадины возникает дефицит покрытия головки бедренной кости, что в свою очередь приводит к локальной перегрузке гиалинового хряща с последующим развитием ранних дегенеративных процессов [7–9]. В период интенсивного роста, как правило, манифестируются клинические признаки нестабильности тазобедренного сустава, выражающиеся болевым синдромом и хромотой. Симптоматика не имеет обратного развития, а наоборот — неуклонно прогрессирует в процессе роста и развития ребенка.

Тройная остеотомия таза, целью которой является восстановление стабильности сустава за счет увеличения покрытия головки бедренной кости аутологичным хрящом вертлужной впадины, широко применяется в комплексном лечении детей старше 12 лет с диспластическим подвывихом бедра [10–13]. После завершения роста костей таза и «закрытия» Y-образного хряща альтернативным вариантом тройной остеотомии таза является периацетабулярная остеотомия таза. Разные по технике исполнения, но идентичные по возможностям коррекции пространственного положения ацетабулярного фрагмента, эти хирургические технологии доказали свой высокий корригирующий потенциал и долгосрочный положительный эффект, о чем свидетельствуют многочисленные публикации отечественных и зарубежных авторов [14–16]. Общеизвестно, что клиничко-функциональный результат хирургического лечения напрямую зависит от правильности выбора зоны остеотомии, направления и степени многоплоскостной коррекции ацетабулярного фрагмента. Так, например, недостаточная коррекция вертлужной впадины в ходе ее реориентирова-

ющей остеотомии не обеспечивает надлежащей стабильности, а гиперкоррекция, наоборот, может привести к ограничению амплитуды движений в тазобедренном суставе, развитию фемороацетабулярного импинджмента, что приведет к снижению качества жизни пациента. Кроме того, от степени коррекции положения вертлужной впадины напрямую зависит такое осложнение, как формирование ложных суставов на уровне остеотомий костей таза [17–19].

На сегодняшний день в мировой и отечественной ортопедической практике широкое распространение приобретают технологии 3D-моделирования и прототипирования. Области их применения достаточно разнообразны: от максимально точного расчета оптимальной зоны резекции остеосаркомы для выполнения ее радикального удаления, до шаблонов-направителей с целью корректного проведения транспедикулярных винтов в тела позвонков в ходе коррекции приобретенных и врожденных деформаций позвоночного столба [20–22]. Большинство имеющихся на сегодняшний день публикаций, касающихся применения шаблонов для выполнения реконструктивных операций на тазобедренном суставе, затрагивают вопросы эффективности их использования при выполнении различного рода корригирующих остеотомий проксимального отдела бедренной кости. Практически все авторы заявляют о целесообразности использования персонафицированных шаблонов для осуществления подобного рода хирургических вмешательств [23, 24].

Анализ полученных данных свидетельствует о значительном повышении точности выполнения хирургических вмешательств с помощью различных индивидуальных шаблонов. Одновременно с этим необходимо сказать, что публикаций, касающихся эффективности их применения в ходе реориентирующей тройной остеотомии таза у детей, в доступной нам литературе не обнаружено, что подчеркивает актуальность проведения исследований в этом направлении.

**Цель исследования** — оценить степень коррекции пространственного положения вертлужной впадины после тройной остеотомии таза с применением индивидуальных шаблонов у детей с диспластическим подвывихом бедра.

### Материал и методы

Работа основана на анализе результатов обследования и хирургического лечения 30 пациентов (30 тазобедренных суставов) с диспластическим подвывихом бедра в возрасте от 14 до 18 лет (средний возраст  $16,3 \pm 1,4$ ). Все дети обследовались и лечились в клинике патологии тазобедренного сустава в 2018 и 2019 г. Критерии включения пациентов в исследование: возраст детей от 14

до 18 лет, наличие подвывиха бедра I степени по J.F. Crowe, отсутствие необходимости выполнения корригирующей остеотомии бедра (истинный шеечно-диафизарный угол не более  $140^\circ$ , угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости не более  $45^\circ$ ), отсутствие неврологических нарушений, а также системных и генетических заболеваний, добровольное информированное согласие пациентов и их родителей на участие в исследовании. Критерии исключения пациентов из исследования: возраст детей менее 14 лет, наличие нестабильности тазобедренного сустава, соответствующей II–IV степеней по J.F. Crowe, необходимость выполнения артротомии и/или корригирующей остеотомии бедренной кости, наличие неврологических, системных и генетических заболеваний, отсутствие добровольного согласия пациентов и их родителей на участие в исследовании. Пациенты были разделены на две группы: основную группу составили 15 детей (15 тазобедренных суставов), которым тройная остеотомия таза была выполнена с использованием персонафицированных шаблонов, изготовленных с применением технологий 3D-моделирования и прототипирования; контрольную группу составили 15 детей (15 тазобедренных суставов), которым тройная остеотомия таза осуществлена на основании проведения стандартных расчетов предстоящей коррекции по рентгенограммам и КТ тазобедренных суставов.

Всем пациентам проводили стандартное для этой патологии клиническое обследование с определением доминирующих симптомов нестабильности тазобедренного сустава диспластического генеза.

Рентгенологический и компьютерно-томографический методы позволяли провести комплексную рентгенометрию на основе следующих показателей (углы Tonnis, Sharp, Wiberg, степень костного покрытия, шеечно-диафизарный угол и угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости). Для определения степени подвывиха нами была использована классификация J.F. Crowe (1979). Пациентам основной группы после проведения мультиспиральной компьютерной томографии в предоперационном периоде проводили 3D-моделирование с последующим компьютерным планированием предстоящего хирургического вмешательства в программе PME Planner (Polygon Medical Engineering). После виртуального выполнения тройной остеотомии таза с достижением индивидуальной коррекции пространственного положения ацетабулярного фрагмента осуществляли прототипирование двух персонафицированных шаблонов (печать FDM на 3D-принтере PICASO DESINGER PRO250). Применение первого шаблона позволяло осуществить точную остеотомию тела

подвздошной кости, а второго — положение вертлужной впадины с последующим остеосинтезом костных фрагментов в соответствии с запланированной виртуально индивидуальной коррекцией (заявка на выдачу патента РФ на изобретение № 2018146908 от 26.12.2018 г.) (рис. 1).

### Статистический анализ

Статистический анализ осуществляли с помощью программ Microsoft Excel 2019 (Microsoft, USA) и SPSS Statistic v.23 (IBM, USA). Уровень значимости различий оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна – Уитни. Статистически значимым считали уровень вероятности ошибки первого рода менее 5% ( $p < 0,05$ ).

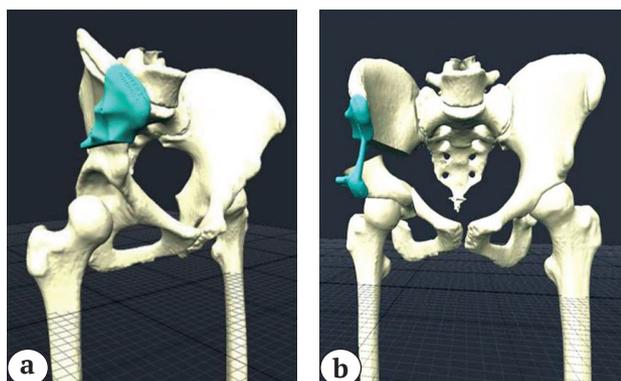
### Результаты

Клиническая картина у детей обеих групп исследования полностью соответствовала диспластическому подвывиху бедра: отмечалась хромота на пораженную конечность у 100% пациентов,

средняя величина укорочения нижней конечностей составила  $1,3 \pm 0,4$  см, избыточные ротационные движения, положительный FADIR-test выявлен у 13 (87%) пациентов основной группы и у 12 (80%) пациентов контрольной.

Данные, полученные в ходе лучевых методов исследования, представлены в таблице 1.

Показатели, представленные в таблице 1, полностью подтверждают диспластический характер патологии тазобедренного сустава, для которой характерно увеличение показателей угла Tonnis, Sharp, шеечно-диафизарного угла и угла антеворсии проксимального отдела бедра [25, 26]. Показатель краниального смещения головки бедренной кости не превышал 2 см, что соответствовало I степени подвывиха по классификации J.F. Crowe. Проведенный межгрупповой анализ показал отсутствие статистически значимых различий по изучаемым показателям ( $p > 0,05$ ), что дало возможность провести дальнейшее исследование.



**Рис. 1.** Виртуальное планирование операции и создание персонализированных шаблонов пациенту, 15 лет, в программе PME Planner (Polygon Medical Engineering):

a — шаблон для выполнения остеотомии подвздошной кости в наацетабулярной области;  
b — шаблон для осуществления многоплоскостной коррекции вертлужной впадины

**Fig. 1.** Virtual planning of the surgery and creation of patient-specific templates for patient, 15 y.o., PME Planner software (Polygon Medical Engineering):  
a — template for ilium osteotomy in the supraacetabular area;  
b — template for multiplane correction of the acetabulum

Таблица 1

### Значения рентгенометрических величин, характеризующих пространственное положение вертлужной впадины и проксимального отдела бедра у пациентов до хирургического лечения

Показатель	Пациенты основной группы M±SD (min-max)	Пациенты контрольной группы M±SD (min-max)
Угол Sharp, град.	52,4±3 (48–58)	53,5±3,6 (49–60)
Угол Tonnis, град.	21,5±3,6 (15–27)	22,5±3,4 (16–28)
Угол Wiberg, град.	4,4±3,3(-1...10)	3,8±3,9 (-3...12)
Степень костного покрытия, %	51,3±5,2 (43–60)	52±6,1 (41–64)
Краниальное смещение, см	0,9±0,4 (0,2–1,6)	1±0,3 (0,4±1,7)
ШДУ, град.	133,7±3,9 (127–140)	134,8±3,5 (128–140)
УА, град.	36,1±6,6 (26–46)	36,2±7,4 (25–45)

Пациентам обеих групп выполнена тройная остеотомия таза по методике М.М. Камоско с соавторами [27]. У всех пациентов основной группы в ходе операции место и направление остеотомии тела подвздошной кости, а также величину коррекции пространственного положения вертлужной впадины планировали и осуществляли при помощи персонифицированных шаблонов.

Результат выполнения тройной остеотомии таза с использованием индивидуальных шаблонов представлен на рисунке 2.

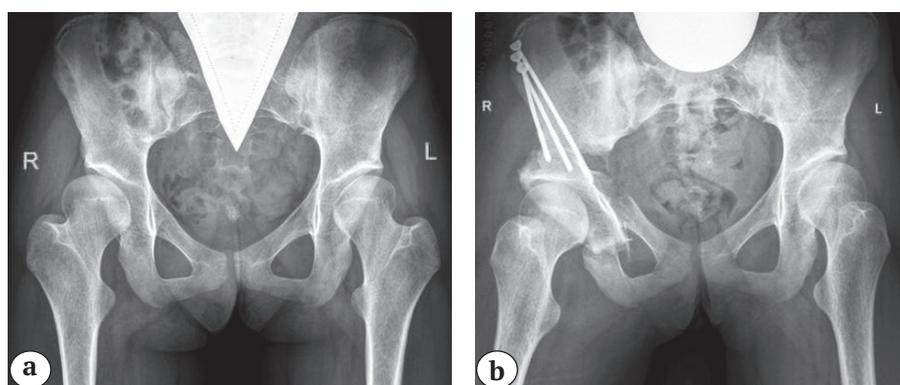
В результате проведенного хирургического лечения обеспечена адекватная коррекция пространственного положения вертлужной впадины с нормализацией показателей стабильности

сустава, соответствующих диапазону вариации допустимых значений.

Пациентам контрольной группы коррекцию пространственного положения вертлужной впадины после тройной остеотомии таза выполняли на основании данных стандартного лучевого исследования (рентгенограмм и КТ). Результаты представлены на рисунке 3.

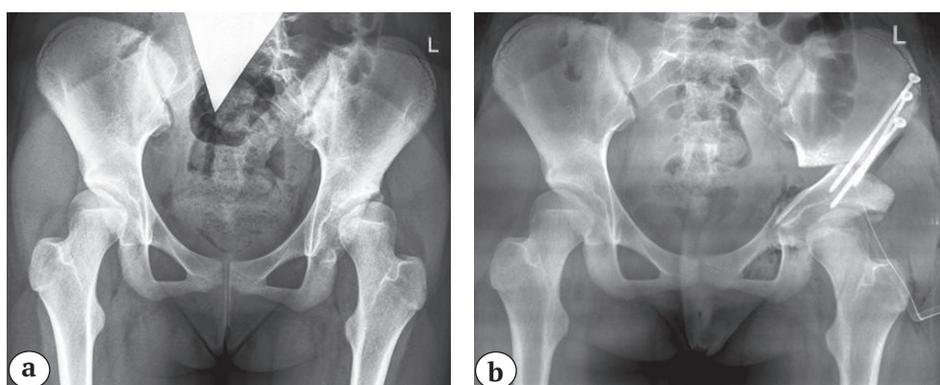
В результате проведенного вмешательства отмечалась гиперкоррекция положения вертлужной впадины во фронтальной плоскости.

Результаты проведенной коррекции оценивали по данным рентгенографии тазобедренных суставов в передне-задней проекции перед выпиской пациентов из клиники отделения (табл. 2).



**Рис. 2.** Рентгенограмма тазобедренных суставов в передне-задней проекции пациентки, 15 лет:  
а — до операции;  
б — после выполнения реориентирующей тройной остеотомии таза с использованием персонифицированных шаблонов

**Fig. 2.** X-ray of hip joints in the A-P view, patient, 15 y.o.:  
a — before surgery;  
b — after re-orienting triple pelvic osteotomy with patient-specific templates



**Рис. 3.** Рентгенограмма тазобедренных суставов в передне-задней проекции пациентки, 16 лет:  
а — до операции;  
б — после выполнения реориентирующей тройной остеотомии таза с классическим способом планирования

**Fig. 3.** X-ray of hip joints in the A-P view, patient, 16 y.o.:  
a — before surgery;  
b — after re-orienting triple pelvic osteotomy according to standard planning procedure

Таблица 2

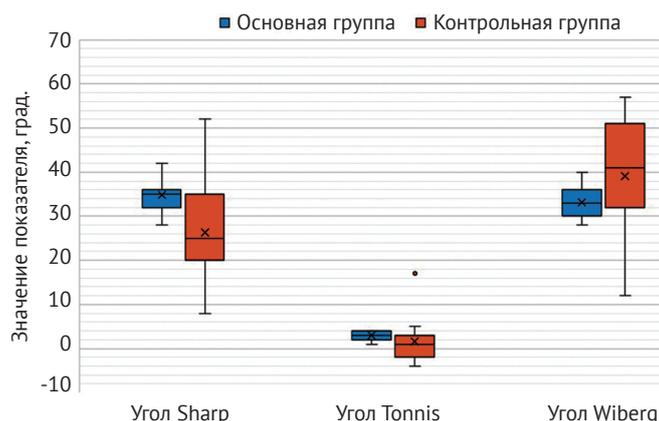
**Значения рентгенометрических величин, характеризующих пространственное положение вертлужной впадины и проксимального отдела бедра у пациентов после хирургического лечения**

Показатель	Пациенты основной группы M±SD (min-max)	Пациенты контрольной группы M±SD (min-max)
Угол Sharp, град.	34,9±3,7 (28–42)*	26,3±12 (8–52)*
Угол Tonnis, град.	2,9±0,9 (1–4)*	1,6±4,9(-4...17)*
Угол Wiberg, град.	33±3,9 (28–40)*	39±13,2 (12–57)*
Степень костного покрытия, %	100±6,8 (90–110)*	107±9,4 (80–120)*
Краниальное смещение, см	0,1±0,07(0–0,2)	0,15±0,08 (0–0,3)
ШДУ, град.	133,7±3,9 (127–140)	134,8±3,5 (128–140)
УА, град.	36,1±6,6 (26–46)	36,2±7,4 (25–45)

\* Статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

На основании оценки данных таблицы 2 отмечено, что у пациентов основной группы значения как величин, характеризующих пространственное положение вертлужной впадины, так и интегральных показателей, относящихся к определению соотношений между тазовым и бедренным компонентом сустава и характеризующих стабильность тазобедренного сустава в целом, находились в диапазоне нормальной вариации. У 1 (6,7%) пациента отмечалась умеренная гиперкоррекция положения вертлужной впадины вследствие погрешностей на этапе планирования операции. У 14 (93,3%) пациентов достигнута адекватная коррекция пространственного положения вертлужной впадины и стабильности

тазобедренного сустава. Одновременно с этим аналогичные средние показатели у пациентов контрольной группы выходили за предел нижней границы физиологической нормы. Проведенный статистический анализ выявил значимые различия в значениях углов Sharp, Tonnis и Wiberg, а также степени костного покрытия у пациентов основной и контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Помимо этого, по вышеуказанным рентгенологическим показателям значения стандартного отклонения у ряда пациентов контрольной группы превышали аналогичные в основной группе, что обуславливается случаями как гипер-, так и гипокоррекции пространственного положения ацетабулярного фрагмента (рис. 4).



**Рис. 4.** Распределение значений основных рентгенологических показателей пространственного положения вертлужной впадины и стабильности сустава у пациентов обеих групп. На графике приведены медианы (горизонтальная черта внутри закрашенной области), средние значения (символ X внутри закрашенной области), интерквартильный размах (закрашенная область), максимальные и минимальные значения (горизонтальные черточки на конце «усов»)

**Fig. 4.** Distribution of the main x-ray indicators of the three-dimensional positioning of the acetabulum and parameters of joint stability in patients of both groups. The graph demonstrates medians (horizontal line within the shaded area), mean values (X symbol within the shaded area), the interquartile range (shaded area), maximum and minimum values (horizontal lines at the whiskers ends)

В этой группе гиперкоррекция положения вертлужной впадины отмечена у 7 (46,7%) детей, а недостаточная коррекция — у 1 (6,7%) пациента. Таким образом, адекватная интраоперационная коррекция была достигнута в 46,6% наблюдений.

### Обсуждение

Дисплазия тазобедренных суставов у детей характеризуется уменьшением площади нагрузки на суставные поверхности головки бедренной кости и вертлужной впадины, что приводит к гиперпрессии гиалинового хряща и является одной из причин развития раннего коксартроза. На сегодняшний день в литературе имеется большое количество публикаций, касающихся хирургического лечения детей с различной степенью тяжести дисплазии тазобедренных суставов посредством выполнения реориентирующих остеотомий таза [28–30]. Появились исследования, указывающие на формирование гиперкоррекции пространственного положения тазового компонента в результате этих хирургических вмешательств [31–34]. Однако необходимо подчеркнуть, что эти работы носят достаточно противоречивый характер с точки зрения оценки этой гиперкоррекции как с клинической стороны, так и на основании данных лучевого исследования. Так, С. Klein с соавторами, проведя ретроспективное исследование результатов обследования и лечения 31 ребенка в возрасте от 6 до 15 лет (41 тазобедренный сустав) методом тройной остеотомии таза, заявили, что полученная в ходе хирургического лечения гиперкоррекция положения вертлужной впадины даже в трех плоскостях, не привела к ограничению амплитуды движений в тазобедренном суставе. Более того, ни у одного пациента не отмечалось изменений в привычном образе жизни [31]. Однако одним из выводов этой публикации является необходимость тщательного предоперационного планирования с целью обеспечения минимального процента гиперкоррекции при подобных операциях. Ряд других исследователей утверждает, что избыточная коррекция положения вертлужной впадины, особенно спереди, приводит к значимому снижению амплитуды движений в тазобедренном суставе, сохраняющемуся болевому синдрому и, как следствие, неудовлетворенности пациента столь травматичным хирургическим вмешательством [32–34]. Все это подчеркивает необходимость поиска решений для осуществления максимально точной индивидуальной многоплоскостной коррекции пространственного положения вертлужной впадины в ходе выполнения реориентирующей остеотомии таза для исключения возникновения как ранних, так и поздних послеоперационных осложнений.

Развитие технологий 3D-моделирования с разработкой и созданием индивидуальных шаблонов с целью осуществления различного рода ортопедических операций позволило максимально точно выполнять хирургические вмешательства и получать оптимальные результаты [20].

Отметим, что работ, посвященных применению индивидуальных шаблонов для выполнения тройной остеотомии таза у пациентов детского возраста, мы не обнаружили. Единственная публикация на эту тему принадлежит группе авторов из Китая, которые в ходе анатомо-топографического исследования доказали эффективность и целесообразность использования навигационных шаблонов при выполнении бернской периацетабулярной остеотомии [35].

Полученные в настоящем исследовании данные свидетельствуют о статистически значимых различиях ( $p < 0,05$ ) в показателях, характеризующих как пространственную ориентацию вертлужной впадины (углы Sharp, Tonnis), так и стабильность тазобедренного сустава (угол Wiberg, степень костного покрытия) у пациентов основной и контрольной групп после проведенного хирургического лечения. Создание корректного пространственного положения вертлужной впадины во фронтальной плоскости, укладывающегося в пределы нормальных вариационных значений для этого показателя у пациентов основной группы, обеспечило нормализацию интегральных показателей, характеризующих соотношение тазового и бедренного компонентов сустава и, как результат, его стабильность в целом. Анализ рентгенометрических показателей показал, что у 46,7% пациентов контрольной группы имелась гиперкоррекция пространственного положения вертлужной впадины. Конечным исходом такой рентгенологической ситуации, как правило, является формирование ринсер-типа фемороацетабулярного импинджмента с соответствующими клиническими проявлениями [26, 32, 36]. Кроме того, у 6,7% пациентов контрольной группы отмечалась недостаточная коррекция положения вертлужной впадины, что не обеспечило надлежащей степени костного покрытия головки бедренной кости и не способствовало перераспределению нагрузки на суставные поверхности головки бедренной кости и вертлужной впадины. Это создает условия для развития и прогрессирования диспластического коксартроза.

Исследование ограничено рентгенологической оценкой состояния тазобедренного сустава в раннем послеоперационном периоде, что не позволяет оценить пространственное положение вертлужной впадины и стабильность тазобедренного сустава в сагиттальной плоскости, а также провести объективную оценку жалоб и ортопедического

статуса пациентов основной и контрольной групп после возобновления самостоятельной ходьбы без вспомогательных средств опоры.

Результаты проведенного исследования показали, что применение индивидуальных шаблонов в ходе выполнения реориентирующей тройной остеотомии таза при лечении детей с диспластическим подвывихом бедра, в отличие от общепринятой методики планирования, позволяет нивелировать возможные погрешности пространственного положения вертлужной впадины как в сторону гипер-, так и гипокоррекции тазового компонента. Это создает условия для обеспечения адекватной стабильности тазобедренного сустава, что подтверждается значениями основных рентгенологических индексов, укладываемых в диапазон их нормальных значений.

Необходимо дальнейшее изучение результатов выполнения тройной остеотомии таза по предложенной методике с целью детальной оценки клинико-рентгенологической картины и улучшения качества лечения детей с диспластическим подвывихом бедра.

#### Этика публикации

Исследование обсуждено и одобрено этическим комитетом ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России (протокол № 2017/6 от 28.11.2017 г.).

Законные представители пациентов дали письменное информированное согласие на публикацию клинических наблюдений.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Бортулёв П.И.* — разработка дизайна исследования, написание всех разделов статьи, сбор и анализ данных, обзор литературы.

*Виссарионов С.В.* — разработка методологии исследования, формулировка цели, этапное и заключительное редактирование текста статьи.

*Басков В.Е.* — сбор данных.

*Барсуков Д.Б.* — сбор данных.

*Поздниккин И.Ю.* — сбор данных.

*Познович М.С.* — проведение 3D-моделирования и прототипирования.

#### Литература [References]

1. Čustović S., Šadić S., Vujadinović A., Hrutić A., Jašarević M., Čustović A., Krupić F. 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., Vladimirovna O.L., Rubashkin S.A., Timaev M.C., Norkin I.A. [Challenges of molecular-based diagnosis developmental dysplasia of the hip in childhood]. [Annals of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2017;72(3):195-202. (In Russian). doi: 10.15690/vramn806.
4. Dezateux C., Rosendahl K. Developmental dysplasia of the hip. *Lancet*. 2007;369(9572):1541-1552. doi: 10.1016/S0140-6736(07)60710-7.
5. Roof A.C., Jinguji T.M., White K.K. Musculoskeletal screening: developmental dysplasia of the hip. *Pediatr Ann*. 2013;42(11):229-235. doi: 10.3928/00904481-20131022-10.
6. Поздниккин 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 vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics, and Reconstructive Surgery]. 2017;5(3):42-51 (In Russian). doi: 10.17816/PTORS5242-51.
7. Камоско М.М., Баиндурашвили А.Г. Диспластический коксартроз у детей и подростков (клиника, патогенез, хирургическое лечение). СПб.: СпецЛит, 2010. 200 с. Kamosko M.M., Baidurashvili A.G. [Displasticheskii koksartroz u detei i podrostkov (klinika, patogenez, khirurgicheskoe lechenie)]. St. Petersburg: SpetsLit; 2010. 200 p. (In Russian).
8. Анисимова Е.А., Юсупов К.С., Анисимов Д.И. Морфология костных структур тазобедренного сустава в норме и при диспластическом коксартрозе. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2014;10(3):373-377. Anisimova E.A., Yusupov K.S., Anisimov D.I. Morphology of bone structures of hip joint in normal state and in dysplastic coxarthrosis (review). *Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2014;10(3):373-377. (In Russian).
9. Норкин И.А., Петров А.Б., Жаденов И.И. Биологическая модель диспластического коксартроза (экспериментальное исследование). *Травматология и ортопедия России*. 2006;(4):59-63. Norkin I.A., Petrov A.B., Zhadenov I.I. [Biological model of displastic coxarthrosis (experimental research)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2006;(4):59-63. (In Russian).
10. Соколовский О.А. Результаты тройной остеотомии таза при дисплазии тазобедренного сустава у подростков. *Вестник ВГМУ*. 2012;11(4):74-49. Sokolovskii O.A. [The results of triple pelvic osteotomy in hip joint dysplasia in adolescents]. *Vestnik VGMU [Journal of Vitebsk State Medical University]*. 2012;11(4):74-49. (In Russian).

11. 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., Grigoricheva 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]. [Russian Journal of Pediatric Surgery]. 2017;21(4):197-201. doi: 10.18821/1560-9510-2017-21-4-197-201.
12. Konya M.N., Tuhanioglu Ü., Aslan A., Yildirim T., Bursali A., Sahin V., Demir B. A comparison of short-term clinical and radiological results of Tönnis and Steel pelvic osteotomies in patients with acetabular dysplasia. *Eklemler Hastalik Cerrahisi*. 2013;24(2):96-101. doi: 10.5606/ehc.2013.22.
13. Farsetti P., Caterini R., De Maio F., Potenza V., Efremov K., Ippolito E. Tönnis triple pelvic osteotomy for the management of late residual acetabular dysplasia: mid-term to long-term follow-up study of 54. *J Pediatr Orthop B*. 2018 Nov 26. doi: 10.1097/BPB.0000000000000575.
14. Li Y., Xu H., Slongo T., Zhou Q., Chen W., Li J., Canavese F. 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.
15. Pascual-Garrido C., Harris M., Clohisy J. Innovations in joint preservation procedures for the dysplastic hip. "The Periacetabular Osteotomy". *J Arthroplasty*. 2017;32(9):S32-37. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.015.
16. Leunig M., Ganz R. The evolution and concepts of joint-preserving surgery of the hip. *Bone Joint J*. 2014;96:B5-18. doi: 10.1302/0301-620X.96B1.32823.
17. Tschauner C., Sylkin A., Hofmann S., Graf R. Painful nonunion after triple pelvic osteotomy. Report of five cases. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2003;85-b:953-955. doi: 10.1302/0301-620x.85b7.14173.
18. Yilmaz E., Damla H., Norvell D.C., Kalchschmidt K., Luering C., Zahedi A.R. Risk factors associated with non-union after triple pelvic osteotomy (Tönnis and Kalchschmidt technique): a case-control study and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139(2):173-180. doi: 10.1007/s00402-018-3060-4.
19. Dungal P., Rejholec M., Chomiak J., Grill F. The role of triple pelvic osteotomy in therapy of residual hip dysplasia and sequel of AVN: long-term experience. *Hip Int*. 2007;17 Suppl 5:S51-64.
20. Ma L., Zhou Y., Zhu Y., Lin Z., Wang Y., Zhang Y. et al. 3D-printed guiding templates for improved osteosarcoma resection. *Sci Rep*. 2016;6:23335. doi: 10.1038/srep23335.
21. Chen H., Wang G., Li R., Sun Y., Wang F. Zhao H. et al. A novel navigation template for fixation of acetabular posterior column fractures with antegrade lag screws: design and application. *Int Orthopaedics (SICOT)*. 2016;40:827-834. doi: 10.1007/s00264-015-2813-8.
22. Shao Z.X., Wang J.S., Lin Z.K., Ni W.F., Wang X.Y., Wu AM. Improving the trajectory of transpedicular transdiscal lumbar screw fixation with a computer-assisted 3D-printed custom drill guide. *Peer J*. 2017;5:e3564. doi: 10.7717/peerj.3564.
23. Басков В.Е., Баиндурашвили А.Г., Филиппова А.В., Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Поздниккин И.Ю., Бортулев П.И. Планирование корригирующей остеотомии бедренной кости с использованием 3D-моделирования. Часть II. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2017;5(3):74-79.  
Baskov V.E., Baidurashvili A.G., Filippova A.V., Barsukov D.B., Krasnov A.I., Pozdnikin I.Y., Bortulev P.I. [Planning corrective osteotomy of the femoral bone using three-dimensional modeling. Part II]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics, and Reconstructive Surgery]. 2017;5(3):74-79. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS5368-73.
24. Zheng P., Xu P., Yao Q., Tang K., Lou Y. 3D-printed navigation template in proximal femoral osteotomy for older children with developmental dysplasia of the hip. *Sci Rep*. 2017;7:44993. doi: 10.1038/srep44993.
25. Бортулев П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Овечкина А.В., Барсуков Д.Б., Поздниккин И.Ю. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(3):74-82. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82.  
Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Ovechkina A.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Y. [Clinical and roentgenological criteria of spine-pelvis ratios in children with dysplastic femur subluxation]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(3):74-82. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82.
26. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Плиев Д.Г., Богопольский О.Е., Гуацаев М.С. Возможности рентгенографии в ранней диагностике патологии тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):117-131. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-117-131.  
Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Pliev D.G., Bogopolsky O.Y., Guatsaev M.S. [Roentgenography potentialities for early diagnosis of hip pathologies]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):117-131. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2017-23-1-117-131.
27. Камоско М.М., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздниккин И.Ю., Григорьев И.В. Транспозиция вертлужной впадины путем тройной остеотомии таза при лечении детей с дисплазией тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2014;73(3):76-85. (In Russian).  
Kamosko M.M., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Grigor'ev I.V. [Transposition of the acetabulum after triple pelvic osteotomy in the treatment of children with hip dysplasia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;73(3):76-85. (In Russian).
28. Baki M.E., Abdioglu A., Aydin H., Kerimoğlu S., Bak C. Triple pelvic osteotomy for the treatment of symptomatic acetabular dysplasia in adolescents and adults : A review of 42 hips. *Acta Orthop Belg*. 2016;82(4):699-704.
29. Zahedi A.R., Lüring C., Janßen D. [Tönnis and Kalchschmidt triple pelvic osteotomy]. *Orthopade*. 2016;45(8):673-677. (In German). doi: 10.1007/s00132-016-3291-4.
30. Lerch T.D., Steppacher S.D., Liechti E.F., Siebenrock K.A., Tannast M. [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.
31. Klein C., Fontanarosa A., Khouri N., Bellity J., Padovani J.P., Glorion C., Wicart P. Anterior and lateral overcoverage after triple pelvic osteotomy in childhood

- for developmental dislocation of the hip with acetabular dysplasia: Frequency, features, and medium-term clinical impact. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(3):383-387. doi: 10.1016/j.otsr.2017.12.020.
32. 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.
33. Biedermann R., Donnan L., Gabriel A., Wachter R., Krismer M., Behensky H. Complications and patient satisfaction after periacetabular pelvic osteotomy. *Int Orthop.* 2008;32(5):611-617.
34. 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.
35. Zhou Y., Kang X., Li C., Xu X., Li R., Wang J. et al. Application of a 3-dimensional printed navigation template in Bernese periacetabular osteotomies: A cadaveric study. *Medicine (Baltimore).* 2016;95(50):e5557.
36. Myers S.R., Eijer H., Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;363:93-99.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Бортулёв Павел Игоревич* — научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Виссарионов Сергей Валентинович* — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт 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

*Басков Владимир Евгеньевич* — канд. мед. наук, руководитель отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Барсуков Дмитрий Борисович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Поздникин Иван Юрьевич* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Познович Махмуд Станиславович* — научный сотрудник генетической лаборатории Центра редких и наследственных заболеваний у детей и нейрохирургии, ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Pavel I. Bortulev* — Research Associate, Department of Hip Pathology, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Sergei V. Vissarionov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science, Head of the Department of Spinal Pathology and neurosurgery, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics; Professor of Traumatology and Orthopaedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Vladimir E. Baskov* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Hip Pathology, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Dmitry B. Barsukov* — Cand. Sci. (Med.), Senior Research Associate, Department of Hip Pathology, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Ivan Yu. Pozdnikin* — Cand. Sci. (Med.), Research Associate, Department of Hip Pathology, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Mahmud S. Poznovich* — Research Associate, Genetic laboratory of the Center for Rare and Hereditary Diseases in Children and Neurosurgery, Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

## Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча

Д.А. Маланин<sup>1,3</sup>, А.И. Норкин<sup>2</sup>, А.С. Трегубов<sup>1,3</sup>, М.В. Демещенко<sup>1,3</sup>,  
Л.Л. Черезов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
г. Волгоград, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России,  
г. Саратов, Россия

<sup>3</sup> ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Благодаря регулируемому влиянию на воспалительный процесс, обезболивающему и репаративному эффектам, обогащенная тромбоцитами аутологичной плазмы терапия (PRP-терапия) оказалась весьма востребованной для лечения отдельных форм тендинопатий, характеризующихся преобладанием дегенеративных процессов и слабым восстановительным потенциалом. **Цель исследования** — определить эффективность PRP-терапии у пациентов с тендинопатией сухожилий вращательной манжеты плеча (ВМП) и длинной головки двуглавой мышцы плеча (ДГБ). **Материал и методы.** В статье представлены результаты двухцентрового проспективного исследования по применению PRP-терапии при лечении 122 пациентов: 53 мужчин и 69 женщин в возрасте  $46,8 \pm 6,8$  лет с тендинопатией вращательной манжеты плеча (66%), субакромиальным импинджмент-синдромом и тендинопатией ВМП (17%), тендинопатией сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча (17%). Результаты лечения оценивали через 1, 3 и 6 мес. после PRP-терапии с использованием ВАШ, ШВОУ, UCLA, DASH и инструментальных методов исследования (УЗИ, МРТ). **Результаты.** Во всех трех группах наблюдалось статистически значимое улучшение по шкалам оценки боли и функции плечевого сустава по сравнению с их уровнем до начала PRP-терапии в течение 6 мес. наблюдения. В этот период оценки по шкалам UCLA и DASH у пациентов с тендинопатией ВМП улучшились на 8,6 и 36,4 балла, субакромиальным импинджмент-синдромом и тендинопатией ВМП — на 9,6 и 38,8 балла, тендинопатией ДГБ — на 11,5 и 44,1 балла соответственно. Наиболее существенное уменьшение болевого синдрома по ВАШ удалось достигнуть при лечении тендинопатии ДГБ (на 5,4 балла) и тендинопатии ВМП (на 5,2 балла). Средний уровень удовлетворенности пациентов результатами лечения по ШВОУ оказался наиболее высоким у пациентов с тендинопатией ВМП (2,3 балла) и тендинопатией ДГБ (2,2 балла). МРТ и УЗИ исследования после PRP-терапии показали улучшение структуры сухожилий ВМП, ДГБ — уменьшение или исчезновение отека, областей гипоехогенного сигнала. **Заключение.** PRP-терапия у пациентов с тендинопатией ВМП и ДГБ, субакромиальным импинджмент-синдромом с тендинопатией ВМП значительно уменьшает выраженность болевого синдрома и улучшает функцию плечевого сустава с положительной динамикой в течение 6 мес. наблюдения.

**Ключевые слова:** тендинопатия, вращательная манжета плеча, длинная головка двуглавой мышцы, PRP-терапия, обогащенная тромбоцитами плазма.

Маланин Д.А., Норкин А.И., Трегубов А.С., Демещенко М.В., Черезов Л.Л. Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):57-66. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-57-66.

**Cite as:** Malanin D.A., Norkin A.I., Tregubov A.S., Demeshchenko M.V., Cherezov L.L. [PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):57-66. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-57-66.

Трегубов Андрей Сергеевич / Andrey S. Tregubov; e-mail: megacargando@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 21.03.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 10.07.2019.

## PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps

D.A. Malanin<sup>1,3</sup>, A.I. Norkin<sup>2</sup>, A.S. Tregubov<sup>1,3</sup>, M.V. Demeshchenko<sup>1,3</sup>, L.L. Cherezov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

<sup>2</sup> Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

<sup>3</sup> Volgograd Science Medical Center, Volgograd, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Owing to its controlling action on the inflammatory process, pain-relieving and reparative effects the PRP-therapy became quite demanded for treatment of certain types of tendinopathies specified by prevalence of degenerative process and poor reparative potential. **Purpose of the study** – to evaluate the efficiency of PRP-therapy in patients with tendinopathies of rotator cuff (RC) long head of biceps (LHB) tendons. **Material and Methods.** The paper presents the results of two-center prospective study for application of autologous platelet rich plasma in treatment of 122 patients: 53 men and 69 women aging 46.8±6.8 years who suffered RC tendinopathy (66%), subacromial impingement syndrome and RC tendinopathy (17%) and LHB tendinopathy (17%). Treatment outcomes were evaluated in 1, 3 and 6 months after PRP-therapy using various scales – VAS, UCLA, DASH, – and instrumental examination methods (US, MRI). **Results.** The authors observed statistically significant improvement in pain and functional scores in all three groups as compared to reported scores prior to PRP-therapy during 6 months follow up. During this period of evaluation, the scores of UCLA and DASH in patients with RC tendinopathy improved at 8.6 and 36.4 points, with subacromial impingement syndrome and RC tendinopathy – at 9.6 and 38.8 points, with LHB tendinopathy – at 11.5 and 44.1 point, respectively. The most notable reduction of pain syndrome by VAS was achieved in treatment of LHB tendinopathy (at 5.4 points) and RC tendinopathy (at 5.2 point). The highest average scores of satisfaction with treatment outcomes were reported in patients with RC tendinopathy (2.3) and LHB tendinopathy (2.2). MRI and ultrasound examinations after PRP-therapy demonstrated improved structure of RC and LHB tendons – decreased or eliminated swelling, areas of hypoechoic signal. **Conclusion.** PRP-therapy in patients with RC and LHB tendons and with subacromial impingement syndrome with RC tendinopathy significantly reduces severity of pain and improved the shoulder joint function with positive dynamics during 6 months follow up.

**Keywords:** tendinopathy, rotator cuff, long head of biceps, platelet rich plasma.

### Введение

Термином «тендинопатия» сегодня определяют довольно широкий спектр клинических состояний разных локализаций. В последние годы воспалительная природа тендинопатий была подвергнута обоснованным сомнениям. Новые теории предполагают, что традиционное объяснение этиологических факторов и патофизиологических механизмов только с позиций воспаления не всегда отражает истинное состояние дел, а происходящие при тендинопатиях процессы имеют более сложный уровень взаимодействия [1].

Тендинопатии в области плечевого сустава наблюдаются у 15–20% людей, занятых физическим трудом [2]. Причем потенциальной причиной тендинопатии ВМП считается субакромиальный импинджмент-синдром, встречающийся у 18% взрослых спортсменов, физическая активность которых связана с нагрузками на верхний плечевой пояс [3]. Вследствие тесной анатомической и функциональной взаимосвязи тендинопатия сухожи-

лия двуглавой мышцы плеча (ДГБ) наблюдается в 41% случаев заболеваний вращательной манжеты плеча (ВМП), что также нередко связывают с импинджмент-синдромом [4].

Этиология тендинопатий остается не совсем понятной, а большинство известных причин, таких как гипоксия, гипертермия, апоптоз, воздействие медиаторов воспаления, молочной кислоты («окислительный стресс»), дисбаланс матричных металлопротеиназ и других остаются предметом теоретических рассуждений [5, 6, 7, 8, 9].

По сравнению с нормальным белым и блестящим внешним видом сухожилий, при тендинопатиях последние приобретают серовато-коричневый оттенок. Форма их изменяется: появляется диффузное или веретенообразные, округлые утолщения. При этом гистологическое исследование ткани не выявляет каких-либо признаков воспаления и присутствия характерных для него клеток. Дезориентация, утолщение, разволокнение коллагеновых пучков на фоне очагового врастания

сосудов, увеличения количества клеток, повышения содержания гликозаминогликанов скорее свидетельствуют в пользу дегенеративной природы происходящих процессов. Поэтому морфологическим эквивалентом тендинопатии является термин «тендиноз», который традиционно, но не правомерно можно встретить в некоторых клинических описаниях [10].

В отсутствии воспалительного процесса и механических повреждений причиной болевого синдрома при тендинопатиях может быть воздействие на нервные окончания химически активных молекул, или нейротрансмиттеров, таких как, например, глутамат, лактат, субстанция P, уровень которых значимо повышается [11, 12].

Нередко тендинопатии протекают без значимых клинических проявлений до того момента, пока не происходит полный или частичный разрыв сухожилия, что в полной мере соответствует развитию этой патологии в области ВМП. В тех же случаях, когда сухожилия окружены и тесно взаимодействуют с синовиальной тканью паратенона или слизистой сумки, в которых могут присутствовать и морфологические признаки воспаления, возникающая боль становится в основном симптомом паратендинопатии [9]. Последнее наблюдается в области сухожилия ДГБ, а также при субакромиальных бурситах.

Благодаря регулируемому влиянию на воспалительный процесс, обезболивающему и репаративному эффектам, PRP-терапия (platelet-rich plasma) оказалась весьма востребованной для лечения отдельных форм тендинопатий, характеризующихся преобладанием дегенеративных процессов и слабым восстановительным потенциалом [13, 14, 15, 16].

Результаты лечения пациентов с тендинопатиями различной локализации определяются многими факторами, среди которых анатомические и биомеханические характеристики сухожилий имеют не менее важное значение, чем методики получения и протоколы использования PRP. Указанные обстоятельства объясняют не только большую эффективность PRP-терапии, например, при тендинопатии ахиллова сухожилия, связки надколенника, разгибателей кисти в области прикрепления к наружному надмыщелку плечевой кости, но и сохраняющиеся сомнения в положительных результатах применения плазмы в случаях тендинопатии сухожилий вращательной манжеты плеча [6, 14, 17, 18, 19].

В связи с этим особый интерес представляют результаты клинических исследований, позволяющие получить ответ на вопрос о целесообразности более широкого применения PRP-терапии при повреждениях и заболеваниях плечевого сустава.

**Цель исследования** — оценить эффективность PRP-терапии у пациентов с тендинопатией сухо-

жилий вращательной манжеты плеча и длинной головки двуглавой мышцы плеча.

## Материал и методы

### Пациенты

Материалом для многоцентрового проспективного исследования послужили наблюдения за результатами лечения 122 пациентов: 53 мужчин и 69 женщин в возрасте  $46,8 \pm 6,8$  лет с патологией плечевого сустава, разделенных на 3 группы: тендинопатия ВМП (80 пациентов; 65,6%), субакромиальный импинджмент-синдром и тендинопатия ВМП (20 пациентов; 16,4%), тендинопатия ДГБ (22 пациента; 18%). Заболевание правого плечевого сустава встречалось у 70 (57%), левого — у 52 (43%) пациентов.

### Методика обследования

Диагностику тендинопатий области плечевого сустава и оценку результатов лечения проводили на основании жалоб пациентов, физикального обследования, рентгенографии, УЗИ и МРТ.

Всем пациентам была выполнена МРТ плечевого сустава на высокопольном томографе с напряженностью магнитного поля 1.5 Тл (Siemens MAGNETOM Aera), толщина срезов 3 мм. Протокол МРТ состоял из получения изображений в трех плоскостях: косая коронарная, косая сагиттальная и аксиальная с применением импульсных последовательностей в T2-взвешенном изображении (ВИ) в режиме градиентного эха — FFE\_T2W, изображений, взвешенных по протонной плотности — TSE PDW, также с использованием эффекта подавления сигнала от жировой ткани — TSE PD SPAIR.

### Техника лечения

Обогащенную тромбоцитами аутологичную плазму (PRP) получали с помощью методик открытого или закрытого циклов путем двойного центрифугирования венозной крови без последующей «активации в пробирке» [20].

Локальные инъекции плазмы назначали в качестве монотерапии и осуществляли трехкратно по 2 мл с частотой 1 раз в 10–14 дней. При тендинопатии сухожилий ВМП и субакромиальном импинджмент-синдроме, сопровождающимся тендинопатией ВМП, PRP вводили в субакромиальное пространство, в случаях тендинопатии ДГБ — в область биципитальной борозды. На период PRP-терапии рекомендовали некоторое ограничение физической активности, назначали лечебную физическую культуру.

### Методика оценки результатов

Результаты лечения оценивали через 1, 3 и 6 мес. (все пациенты были доступны для оценки на всем протяжении исследования) после завер-

шения PRP-терапии с использованием балльных шкал оценки болевого синдрома, функции верхней конечности (ВАШ — визуальная аналоговая шкала, UCLA — University of California, Los Angeles score, DASH — Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) и инструментальных методов исследования (УЗИ, МРТ).

Удовлетворенность пациентов исходами лечения оценивали с помощью модернизированной шкалы вербальной оценки (ШВОУ), согласно которой результат распределялся от 0 до 3 баллов: 0 баллов — неудовлетворительно (улучшение отсутствует), 1 балл — удовлетворительно (движения в суставе улучшились, боль уменьшилась, сохраняются ограничения функции, снижающие качество жизни и физическую активность), 2 балла — хорошо (отсутствуют ограничения в повседневной жизни, интенсивная нагрузка, занятия спортом вызывают боль или дискомфорт), 3 балла — отлично (полное восстановление, физическая активность и занятия спортом возможны без ограничений) [21].

### Статистический анализ

Статистическую обработку полученных данных выполняли в программе STATISTICA 10 для Windows, используя методы описательной статистики, сравнительные непараметрические методы:

Манна–Уитни, Краскела–Уоллиса. Статистически значимыми считали различия с критерием  $p < 0,05$ .

### Результаты

На момент начала лечения всех пациентов беспокоили боли в плечевом суставе, особенно в положениях руки, поднятой выше уровня надплечья, которые продолжались более 3 мес. и сопровождались ограничением активных движений. Инъекционный тест Neer с введением 10 мл 1% раствора новокаина в субакромиальное пространство был положительным. Имели место УЗИ и МРТ признаки тендинопатии сухожилий ВМП, ДГБ. По МРТ-классификации M. Scarpone с соавторами [3] тендинопатию ВМП относили к I и II степеням.

Среднее содержание тромбоцитов как при открытом, так и закрытом циклах получения PRP составляло  $960 \pm 130 \times 10^3$ /мкл. Обогащенная тромбоцитами плазма отличалась также повышенным содержанием лейкоцитов —  $24,7 \times 10^9$ /л  $\pm 8,6$ .

Пациенты всех трех групп имели статистически значимое улучшение по шкалам оценки боли и функции плечевого сустава по сравнению с их уровнем на момент начала PRP-терапии. Достигнутый через 1 мес. после лечения положительный эффект оставался через 3 и 6 мес. наблюдения (табл. 1–3).

Таблица 1

**Динамика показателей функции плечевого сустава и результатов лечения пациентов с тендинопатией ВМП в течение 6 месяцев наблюдения (80 пациентов)**

Шкала	Перед лечением	1 мес.	3 мес.	6 мес.
UCLA	22,2 $\pm$ 3,1	28,1 $\pm$ 2,3	31,1 $\pm$ 4,3	32,4 $\pm$ 4,4
DASH	52,8 $\pm$ 4,2	20,1 $\pm$ 4,3	18,8 $\pm$ 2,6	17,1 $\pm$ 5,2
ВАШ	5,4 $\pm$ 0,8	2,4 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,4
ШВОУ	–	2,0 $\pm$ 0,3	2,1 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,2

$p = 0,022$ .

Таблица 2

**Динамика показателей функции плечевого сустава и результатов лечения пациентов с субакромиальным импинджмент-синдромом и тендинопатией ВМП в течение 6 месяцев наблюдения (20 пациентов)**

Шкала	Перед лечением	1 мес.	3 мес.	6 мес.
UCLA	24,4 $\pm$ 3,8	28,1 $\pm$ 3,1	31,1 $\pm$ 4,0	33,0 $\pm$ 3,3
DASH	45,6 $\pm$ 3,2	11,1 $\pm$ 2,7	8,7 $\pm$ 2,3	7,8 $\pm$ 1,5
ВАШ	6,6 $\pm$ 0,7	2,8 $\pm$ 1,3	1,5 $\pm$ 0,5	1,3 $\pm$ 0,3
ШВОУ	–	2,0 $\pm$ 0,4	2,2 $\pm$ 0,2	2,5 $\pm$ 0,3

$p = 0,006$ .

Таблица 3

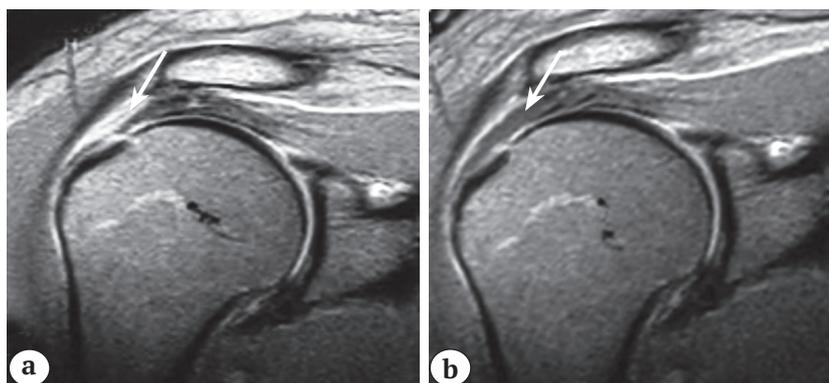
**Динамика показателей функции плечевого сустава и результатов лечения пациентов с тендинопатией ДГБ в течение 6 месяцев наблюдения (22 пациента)**

Шкала	Перед лечением	1 месяц	3 месяца	6 месяцев
UCLA	22,6±2,1	31,7±2,4	32,2±2,8	34,1±3,1
DASH	51,9±3,5	15,1±5,3	8,6±3,3	8,8±2,9
ВАШ	6,4±0,5	2,6±0,3	1,9±0,2	1,5±0,2
ШВОУ	–	1,9±0,5	2,1±0,4	2,3±0,3

$p = 0,001$ .

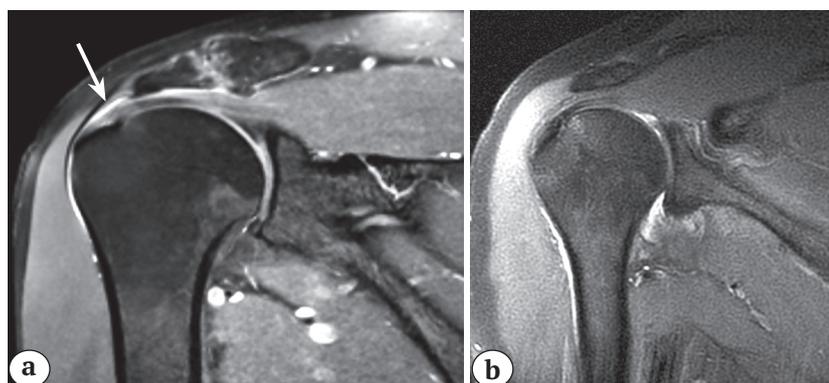
Инструментальные методы исследования (УЗИ, МРТ) у пациентов с тендинопатиями плечевого сустава, проведенные перед назначением PRP-терапии, выявляли характерные для данной патологии изменения в сухожилиях надостной, подостной мышц и сухожилии ДГБ: отек ткани сухожилия и наличие в ней гипоэхогенных областей, появление отдельных зон с новообразованием сосудов, отек прилежащей слизистой сумки, скопление экссудата под оболочкой по ходу сухожилия.

Контрольные МРТ и УЗИ-исследования плечевого сустава, выполненные в разные сроки после PRP-терапии, показали положительные структурные изменения в сухожилиях ВМП: уменьшение или исчезновение отека, областей гипоэхогенного сигнала. Вокруг сухожилия ДГБ, в полости плечевого сустава (подмышечный карман, задний заворот) в значительной степени уменьшалось количество свободной жидкости (рис. 1–3).



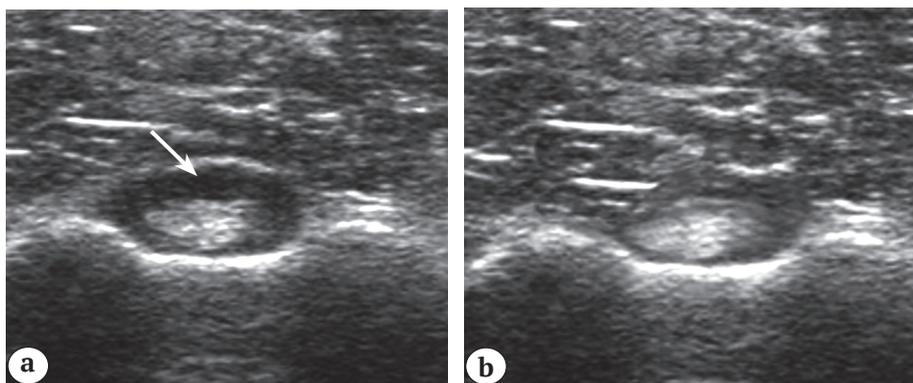
**Рис. 1.** Изменение структуры сухожилия надостной мышцы (указано стрелкой) на МРТ (PD TSE режим, FOV – 120 мм, толщина среза 3,0 мм): а – до лечения; б – через 8 нед. после PRP-терапии

**Fig. 1.** Changes in the structure of supraspinatus tendon on MRI (indicated by arrow) (PD TSE mode, FOV – 120 mm, section thickness 3.0 mm): а – prior to treatment; б – 8 weeks after PRP-therapy



**Рис. 2.** Изменение структуры сухожилия надостной мышцы (указано стрелкой) на МРТ (PD FS TSE режим, FOV – 120 мм, толщина среза 3,0 мм): а – до лечения; б – через 6 мес. после PRP-терапии

**Fig. 2.** Changes in the structure of supraspinatus tendon on MRI (indicated by arrow) (PD FS TSE mode, FOV – 120 mm, section thickness 3.0 mm): а – prior to treatment; б – 6 months after PRP-therapy



**Рис. 3.** Изменение эхогенности сухожилия ДГБ (указано стрелкой) на УЗИ (7,5 мГц, линейный датчик):  
 а — до лечения;  
 б — через 4 нед. после PRP-терапии

**Fig. 3.** Changes in echogenicity of LHB tendon on ultrasound (indicated by arrow) (7.5 mHz, linear probe):  
 а — prior to treatment;  
 б — 4 weeks after PRP-therapy

## Обсуждение

В основе традиционного лечения тендинопатий различной локализации лежит ограничение физических нагрузок и обеспечение относительной неподвижности сегмента конечности, назначение физиотерапии, обезболивающих и противовоспалительных средств. И если в острой стадии заболевания традиционная терапия оказывается клинически эффективной, то последующее патогенетическое ее влияние на молекулярные, клеточные и иные механизмы развития дегенеративного процесса при тендинопатиях остается противоречивым. Нередко возобновление нагрузок, но уже меньшей интенсивности, приводит к рецидиву болевого синдрома и развитию хронического течения тендинопатии [4, 5, 16].

Особые свойства PRP позволяют рассматривать этот продукт крови как возможный стимулятор физиологических и репаративных процессов в ткани сухожилий, который можно в равной степени использовать как при консервативном, так и хирургическом лечении тендинопатий [12, 13, 22, 23].

В отдельных экспериментальных исследованиях было убедительно показано, что факторы роста, содержащиеся в  $\alpha$ -гранулах тромбоцитов PRP, способны оказывать регулирующее воздействие на все три фазы воспалительного процесса посредством взаимодействия с трансмембранными рецепторами клеток и инициации внутриклеточных сигналов. Влияние последних на экспрессию генов в ядре приводит к усилению синтеза белков, регулирующих пролиферативную и синтетическую активность клеток. Кроме этого, факторы роста тромбоцитов стимулируют хемотаксис, дифференциацию клеток и локальный ангиогенез, что имеет непосредственное отношение к процессам восстановления поврежденных сухожилий [7].

В результате взаимодействия PRP с тканью сухожилий рядом авторов отмечалось усиление пролиферации фибробластов, синтеза коллагена 1 и 3 типов теноцитами, фибробластами, миграция клеток-предшественников из костного мозга

в область повреждения сухожилий, увеличение размеров и прочности регенерата, улучшение гистологических и механических характеристик костно-сухожильного прикрепления [13–15, 22].

Основными показателями, которыми сегодня пользуются для классификации различных типов PRP, являются количество тромбоцитов и лейкоцитов в получаемой плазме. Увеличение содержания тромбоцитов в 4–5 раз — до  $1000 \times 10^3$  мк/л или близких к этому показателям в отдельных работах считается «визитной карточкой» PRP [4, 13]. Однако концентрация тромбоцитов в плазме, необходимая для стимуляции репаративного процесса, доподлинно не известна. Более того, ряд рандомизированных контролируемых исследований демонстрируют отсутствие корреляции между концентрацией тромбоцитов в PRP и полученными результатами [16]. Этот факт объясняется двойственностью эффекта воздействия факторов роста на рецепторы клеток — при меньшей концентрации PRP стимулирующий эффект не проявляется, в то же время увеличение концентрации тромбоцитов свыше  $1000 \times 10^3$  мк/л не приводит к дальнейшему ускорению регенерации, и даже, напротив, вызывает ее угнетение [13]. Кроме того, активность некоторых плазменных протеинов не зависит от количества тромбоцитов (IGF-1, HGF), в отличие от концентрации тех из них (PDGF, TGF- $\beta$ 1, VEGF, EGF, bFGF), которая непосредственно коррелирует с числом тромбоцитов. Наконец, было установлено, что жизнеспособность и пролиферация клеток уменьшается при высокой концентрации PRP, но возрастает при более низких ее концентрациях [24].

Взгляды на содержание лейкоцитов в PRP можно считать более или менее согласованными, поскольку соотношение тромбоциты/лейкоциты во введенной плазме отражает баланс развивающихся анаболических и катаболических процессов в тканях. В плазме с высоким содержанием лейкоцитов увеличивается количество провоспалительных медиаторов, приводящих к возникновению воспаления, оказывающего стимулирующее влия-

ние на течение репаративных процессов при ряде хронических состояний, в том числе тендинопатиях [25, 26]. Отдельные фракции лейкоцитов, такие как мононуклеарные клетки (лимфоциты, моноциты), способны оказывать положительное влияние на активность факторов роста, поскольку связаны со многими биоактивными молекулами и включают в себя даже прогениторные клетки (CD34<sup>+</sup>) [27]. Неудивительно, что положительные результаты лечения тендинопатий разных локализаций в большинстве исследований были связаны именно с введением PRP с высоким содержанием лейкоцитов [28]. Проблема заключается лишь в получении плазмы с заданным количеством лейкоцитов и контролем за клиническими проявлениями воспалительного процесса в первые несколько дней после инъекции в связи с известными трудностями отделения лейкоцитов от тромбоцитов без значительной потери последних. В нашем исследовании применялась PRP с высоким содержанием лейкоцитов ( $24,7 \times 10^9 / \text{л} \pm 8,6$ ), однако болевой синдром и ограничение функции плечевого сустава в первые несколько дней после введения не носили выраженный характер.

В нашем исследовании пациентам с тендинопатиями плечевого сустава вводилась PRP с содержанием тромбоцитов, близким к  $1000 \times 10^3$  мк/л. Четырехкратное увеличение количества тромбоцитов в плазме предпочитали также достигать большинство исследователей, что позволяло проводить сравнение полученных результатов [28].

Одним из важных вопросов PRP-терапии считается техника самой манипуляции. Применение УЗИ-контроля повышает точность расположения инъекционной иглы в проекции сухожилия и дает большие гарантии попадания плазмы в область измененных тканей [18]. Введению плазмы над областью патологического очага или вокруг него (техника «посыпания перцем») отдается предпочтение в большинстве исследований [18, 28, 29]. В том случае, если УЗИ-контроль не используется, инъекционная игла располагается в субакромиальном пространстве с учетом топографии сухожилий ВМП, как это осуществлялось в нашем и ряде других исследований. Идея перенесения техники внутрисухожильного введения плазмы, оказавшейся довольно успешной при лечении тендинопатии связки надколенника или сухожилия четырехглавой мышцы бедра, на сухожилия ВМП не находит пока широкой поддержки ввиду риска структурных повреждений сравнительно более плотной ткани сухожилий последней локализации [12, 26].

Результаты клинических исследований по применению PRP при различных формах тендинопатий в целом и тендинопатиях ВМП в особенности выглядят не столь определенно, как их экспериментальные эквиваленты. Вероятной причиной

этого может быть разнообразие содержания получаемой PRP и протоколов применения плазмы. Нельзя не учитывать также особенности разных сухожилий с их анатомическими и биомеханическими характеристиками [4, 13].

В проспективном исследовании M. Scarpone с соавторами было показано, что инъекции PRP (содержание тромбоцитов —  $895 \pm 204 \times 10^3 / \text{мкл}$ ) в субакромиальное пространство значительно улучшают показатели по боли, функции плечевого сустава, а также MPT-структуру сухожилия в течение 3 мес. после завершения лечения [3]. Уровень уменьшения болевого синдрома (в 7 раз) к 52 нед. после лечения оказался несколько выше аналогичного показателя, полученного в нашем исследовании (в 5 раз), и свидетельствовал о сохранении положительного эффекта в более отдаленный период наблюдения. Показатель удовлетворенности пациентов результатами PRP-терапии (94%) был также близок к результатам, полученным в нашем исследовании.

О положительных результатах PRP-терапии сообщали также D.W. Rha с соавторами в проспективном рандомизированном исследовании, включающем 39 пациентов, разделенных на 2 группы. Двукратные инъекции PRP (содержание тромбоцитов —  $600 \times 10^3 / \text{мкл}$ ) с 4-недельным интервалом и использованием техники «посыпания перцем» под УЗИ-контролем в значительной степени уменьшали боль и функциональные нарушения по сравнению с группой пациентов, в которой применялась «сухая игла» в течение 6 мес. наблюдения [18].

В сравнительном исследовании L. von Wehren с соавторами, включающем 50 пациентов с тендинопатиями и частичными повреждениями сухожилия надостной мышцы плеча, разделенных на 2 группы в зависимости от однократной инъекции в субакромиальное пространство PRP (содержание тромбоцитов —  $412 \times 10^3 / \text{мкл}$ ) или кортикостероида (триамцинолон ацетонид, кристаллическая суспензия), через 6 и 12 нед. результаты оказались значимо лучше в группе PRP. Причем уменьшение выраженности болевого синдрома, улучшение функции плечевого сустава продолжалось на протяжении всего периода наблюдения, что было отмечено и в нашем исследовании. Однако к 6 мес. после начала лечения оцениваемые показатели в обеих группах пациентов не имели статистически значимых различий. Последнее относилось и к оценке MPT-признаков тендинопатии по классификации M. Scarpone с соавторами, которые имели очевидную положительную динамику в обеих группах пациентов [19].

Напротив, в рандомизированном двойном слепом исследовании S. Kesikburun с соавторами, в которое были включены 40 пациентов, разделенных на две равные по численности группы — PRP

(содержание тромбоцитов —  $964 \times 10^3$ /мкл) и 0,9% NaCl, существенной разницы в оценках болевого синдрома, функции плечевого сустава и качества жизни пациентов на протяжении года наблюдения отмечено не было. Следует отметить, что всем пациентам выполнялась только однократная инъекция в субакромиальное пространство. Поскольку пациенты обеих групп получали комплекс ЛФК в течение 6 нед., авторы сделали заключение о том, что PRP-терапия при лечении тендинопатий ВМП не является более эффективной, чем ЛФК [17]. Полученные в работе S. Kesikburun с соавторами результаты поддерживает и метаанализ рандомизированных исследований клинической эффективности PRP-терапии в сравнении с группами «плацебо» и «сухая игла», проведенный K. Tsicoroluos с соавторами. По прошествии 6 мес. после начала лечения разница в показателях выраженности болевого синдрома и функциональных нарушений была незначительно лучше у пациентов, получавших PRP-терапию [23].

В одном из последних систематических обзоров G. Filardo с соавторами, посвященном PRP-терапии при заболеваниях сухожилий, проблеме консервативного лечения тендинопатий ВМП был посвящен анализ 8 публикаций, большинство из которых соответствовало первому уровню доказательности. Результаты 5 исследований свидетельствовали о положительном влиянии PRP на течение заболевания в раннем и среднесрочном периодах наблюдений. Три исследования демонстрировали неопределенный или даже отрицательный результат в отношении эффективности PRP-терапии [29]. Однако большинство авторов, к мнению которых мы также присоединяемся, оказались едиными в своем заключении о том, что PRP-терапию при тендинопатиях плечевого сустава можно отнести к безопасным биологическим методам лечения, показания к которому еще требуют уточнения [13, 15, 28, 29].

К основному недостатку представленного исследования можно отнести отсутствие контрольной группы пациентов, пролеченных одним из традиционных методов, или группы «плацебо» — с введением в субакромиальное пространство 0,9% раствора NaCl.

Уточнение показаний и обоснование более широкого применения PRP-терапии требует проведения проспективных контролируемых исследований для каждой из нозологических форм при патологии плечевого сустава.

Таким образом, PRP-терапия у пациентов с тендинопатией ВМП и ДГБ, субакромиальным импинджмент-синдромом с тендинопатией ВМП уменьшает выраженность болевого синдрома и улучшает функцию плечевого сустава с положи-

тельной динамикой, сохраняющейся в период от 1 до 6 мес. наблюдения.

#### Этика публикации

Все пациенты дали добровольное информированное согласие на обследование и лечение. Предварительно была проведена этическая экспертиза научной работы (комиссия по экспертизе диссертационных исследований РИЭК ФГБОУ ВО «ВолгГМУ», протокол № 2131А — 2017 от 03 мая 2017 г.).

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Маланин Д.А.* — анализ литературных источников, формирование гипотезы, статистический анализ материала, формулировка научных положений.

*Норкин А.И.* — сбор материала и подготовка базы данных.

*Трегубов А.С.* — сбор материала и подготовка базы данных, статистический анализ материала.

*Демещенко М.В.* — сбор материала и подготовка базы данных.

*Черезов Л.Л.* — статистический анализ материала.

#### Литература [References]

1. Werner R.A., Franzblau A., Gell N., Ulin S.S., Armstrong T.J. A longitudinal study of industrial and clerical workers: predictors of upper extremity tendonitis. *J Occup Rehabil.* 2005;15:37-46. doi: 10.1007/s10926-005-0872-1.
2. Maffulli N., Wong J., Almekinders L.C. Types and epidemiology of tendinopathy. *Clin Sports Med.* 2003;22(4):675-692. doi: 10.1016/s0278-5919(03)00004-8.
3. Scarpone M., Rabago D., Snell E., Demeo P., Ruppert K., Pritchard P. et al. Effectiveness of platelet-rich plasma injection for rotator cuff tendinopathy: A prospective open-label study. *Glob Adv Health Med.* 2013;2(2):26-31. doi: 10.7453/gahmj.2012.054.
4. Kaux J.F., Drion P., Croisier J.L., Crielaard J.M. Tendinopathies and platelet-rich plasma (PRP): from pre-clinical experiments to therapeutic use. *J Stem Cells Regen Med.* 2015;11(1):7-17.
5. Sharma P., Maffulli N. Biology of tendon injury: healing, modeling and remodeling. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2006;6(2):181-190.
6. Riley G.P., Curry V., DeGroot J., van El B., Verzijl N., Hazleman B.L., Bank R.A. Matrix metalloproteinase activities and their relationship with collagen remodelling in tendon pathology. *Matrix Biol.* 2002;21(2):185-195. doi: 10.1016/s0945-053x(01)00196-2.
7. Goodship A.E., Birch H.L., Wilson A.M. The pathobiology and repair of tendon and ligament injury. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1994;10(2):323-349. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30359-0.
8. Yuan J., Wang M.X., Murrell G.A. Cell death and tendinopathy. *Clin Sports Med.* 2003;22(4):693-701. doi: 10.1016/s0278-5919(03)00049-8.
9. Bestwick C.S., Maffulli N. Reactive oxygen species and tendon problems: review and hypothesis. *Sports Med Arthroscopy Rev.* 2000;8:6-16.

10. Jozsa L., Kannus P. Histopathological findings in spontaneous tendon ruptures. *Scand J Med Sci Sports*. 1997;7(2): 113-118. doi: 10.1111/j.1600-0838.1997.tb00127.x.
11. Khan K.M., Cook J.L., Bonar F., Harcourt P., Astrom M. Histopathology of common tendinopathies. Update and implications for clinical management. *Sports Med*. 1999;27(6):393-408. doi: 10.2165/00007256-199927060-00004.
12. Alfredson H., Bjur D., Thorsen K., Lorentzon R., Sandström P. High intratendinous lactate level in painful chronic Achilles tendinosis. An investigation using microdialysis technique. *J Orthop Res*. 2002;20(5):934-938. doi: 10.1016/s0736-0266(02)00021-9.
13. Foster T.E., Puskas B.L., Mandelbaum B.R., Gerhardt M.B., Rodeo S.A. Platelet-rich plasma: from basic science to clinical applications. *Am J Sports Med*. 2009;37(11): 2259-2272. doi: 10.1177/0363546509349921.
14. Zhang J., Wang J.H. Platelet-rich plasma releasate promotes differentiation of tendon stem cells into active tenocytes. *Am J Sports Med*. 2010;38(12):2477-2486. doi: 10.1177/0363546510376750.
15. Kaux J.F., Forthomme B., Goff C.L., Crielaard J.M., Croisier J.L. Current opinions on tendinopathy. *J Sports Sci Med*. 2011;10(2):238-253.
16. Andia I., Sánchez M., Maffulli N. Joint pathology and platelet-rich plasma therapies. *Expert Opin Biol Ther*. 2012;12(1):7-22. doi: 10.1517/14712598.2012.632765.
17. Kesikburun S., Tan A.K., Yilmaz B., Yaşar E., Yazicioğlu K. Platelet-rich plasma injections in the treatment of chronic rotator cuff tendinopathy: a randomized controlled trial with 1-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2013;41(11):2609-2616. doi: 10.1177/0363546513496542.
18. Rha D.W., Park C.Y., Kim Y.K., Kim M.T., Lee S.C. Comparison of the therapeutic effects of ultrasound-guided platelet-rich plasma injection and dry needling in rotator cuff disease: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2013;27(2):113-122. doi: 10.1177/0269215512448388
19. von Wehren L., Blanke F., Todorov A., Heisterbach P., Sailer J., Majewski M. The effect of subacromial injections of autologous conditioned plasma versus cortisone for the treatment of symptomatic partial rotator cuff tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24:3787-3792. doi: 10.1007/s00167-015-3651-3.
20. Маланин Д.А., Новочадов В.В., Демкин С.А., Демешенко М.В., Данилов Д.И. Обогащенная тромбоцитами аутологичная плазма в лечении пациентов с гонартрозом III стадии. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(3):52-59. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-52-59.
- Malanin D.A., Novochadov V.V., Demkin S.A., Demeshenko M.V., Danilov D.I. [Autologous platelet-rich plasma in the treatment of patients with knee arthritis III stage]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(3):52-59. (In Russian.) doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-52-59.
21. Brokelman R.B.G., Haverkamp D., van Loon C. et al. The validation of the visual analogue scale for patient satisfaction after total hip arthroplasty. *Eur Orthop Traumatol*. 2012 Jun; 3(2):101-105. doi: 10.1007/s12570-012-0100-3.
22. Dolkart O., Chechik O., Zarfati Y., Brosh T., Alhajajra F., Maman E. A single dose of platelet-rich plasma improves the organization and strength of a surgically repaired rotator cuff tendon in rats. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014;134(9):1271-1277. doi: 10.1007/s00402-014-2026-4.
23. Tsicopoluos K., Tsicopoluos I., Simeonidis E., Papatheanasiou E., Haidich A.B., Anastasopoulos N., Natsis K. et al. The clinical impact of platelet-rich plasma on tendinopathy compared to placebo or dry needling injections: a meta-analysis. *Phys Ther Sports*. 2016;17:87-94. doi: 10.1016/j.ptsp.2015.06.005.
24. Choi B.H., Zhu S.J., Kim B.Y., Huh J.Y., Lee S.H., Jung J.-H. Effect of platelet-rich plasma (PRP) concentration on the viability and proliferation of alveolar bone cells: an in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2005;34(4):420-424. doi: 10.1016/j.ijom.2004.10.018.
25. Sundman E.A., Cole B.J., Karas V., Della Valle C., Tetreault M.W., Mohammed H.O., Fortier L.A. The anti-inflammatory and matrix restorative mechanisms of platelet-rich plasma in osteoarthritis. *Am J Sports Med*. 2014;42(1):35-41. doi: 10.1177/0363546513507766.
26. Drago J.L., Wasterlain A.S., Braun H.J., Nead K.T. Platelet-rich plasma as a treatment for patellar tendinopathy: a double-blind, randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2014;42(3):610-618. doi: 10.1177/0363546513518416.
27. Giovanini A.F., Gonzaga C.C., Zielak J.C., Deliberador T.M., Kuczera J., Göringher I. et al. Platelet-rich plasma (PRP) impairs the craniofacial bone repair associated with its elevated TGF- $\beta$  levels and modulates the co-expression between collagen III and  $\alpha$ -smooth muscle actin. *J Orthop Res*. 2011;29(3):457-463. doi: 10.1002/jor.21263.
28. Fitzpatrick J., Bulsara M., Zheng M.H. The Effectiveness of platelet-rich plasma in the treatment of tendinopathy: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Am J Sports Med*. 2017;45(1):226-233. doi: 10.1177/0363546516643716.
29. Filardo G., Di Matteo B., Kon E., Merli G, Marcacci M. Platelet-rich plasma in tendon-related disorders: results and indication. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(7):1984-1999. doi: 10.1007/s00167-016-4261-4.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Маланин Дмитрий Александрович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; заведующий лабораторией клинической и экспериментальной ортопедии, ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград

Норкин Алексей Игоревич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, НИИТОН, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, г. Саратов

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

Dmitry A. Malanin — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department for Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Head of Laboratory for Clinical and Experimental Orthopaedics, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russian Federation

Alexey I. Norkin — Cand. Sci. (Med.), Orthopaedic Surgeon, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Трегубов Андрей Сергеевич* — ассистент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград

*Демещенко Максим Васильевич* — ассистент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России; научный сотрудник ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», г. Волгоград

*Черезов Леонид Леонидович* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ с курсом травматологии и ортопедии ФУВ, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Волгоград

*Andrey S. Tregubov* — Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Research Fellow at Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russian Federation

*Maxim V. Demeshchenko* — Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University; Research Fellow at Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russian Federation

*Leonid L. Cherezov* — Cand. Sci. (Med.), Associated Professor, Department of Traumatology, Orthopaedics and Field Surgery, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

## Комментарий к статье «Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча»

С.Ю. Доколин, В.И. Кузьмина

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

## Comment to the Article “PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps”

S.Yu. Dokolin, V.I. Kuz'mina

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Статья посвящена актуальной проблеме лечения пациентов с тендинопатиями вращательной манжеты плечевого сустава (ВМПС) и длинной головки двуглавой мышцы плеча (ДГДМП). Данная патология широко распространена как среди молодых людей, ведущих физически активный образ жизни, так и в возрастной группе старше 45 лет, что обусловлено особенностями анатомического строения акромиона, клювовидно-акромиальной связки, надостного и подостного сухожилий, объединенных «ротаторным кабелем», внутри которого находится участок сухожильной ткани со сниженным кровотоком. Именно в этом участке сухожильной ткани серповидной формы при определенном стечении внешних и внутренних обстоятельств развиваются процессы воспаления и дегенерации, приводящие при отсутствии адекватного лечения к формированию ее частичного и полнслойного разрыва. Традиционный подход к консервативному лечению этой патологии с ис-

пользованием гормональных препаратов не имеет доказанной клинической эффективности при длительных сроках наблюдения.

Инъекции обогащенной тромбоцитами плазмы (platelet-rich plasma — PRP) все шире применяются в ортопедической практике [1, 2, 3]. Первый отчет о клиническом использовании PRP в хирургии ВМПС был опубликован Р. Randelli в 2008 г. [3].

Исследования влияния PRP на человеческие тенониты ВМПС с дегенеративными поражениями *in vitro* показали, что факторы роста, выделяемые тромбоцитами, усиливают клеточную пролиферацию и способствуют синтезу внеклеточного матрикса [1, 2]. Аутологичность, безопасность и простота воспроизводства PRP делают этот метод привлекательным для лечения пациентов как с начальными стадиями остеоартрита, так и с тендинопатиями различных локализаций. Следует отметить, что варианты используемого в мировой практике PRP значительно различаются, и оптимальный препарат для лечения разной патологии опорно-двигательного аппарата пока не определен. На сегодняшний день популярность и частота клинического использования различных вариантов PRP-терапии значительно превзошли доказательную базу, подтверждающую эффективность ее

### • Комментарий к статье

Маланин Д.А., Норкин А.И., Трегубов А.С., Демещенко М.В., Черезов Л.Л. Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):57-66. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-57-66.

Доколин С.Ю., Кузьмина В.И. Комментарий к статье «Применение PRP-терапии при тендинопатиях вращательной манжеты и длинной головки двуглавой мышцы плеча». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):67-69. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-67-69.

**Cite as:** Dokolin S.Yu., Kuz'mina V.I. [Comment to the Article “PRP-Therapy for Tendinopathies of Rotator Cuff and Long Head of Biceps”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3): 67-69. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-67-69.

Кузьмина Владислава Игоревна / Vladislava I. Kuz'mina; e-mail: tasha\_777@bk.ru

применения [4]. Очевидно, что с появлением биологического способа влияния на дегенеративные процессы, происходящие как внутри сухожильной ткани, так и внутри сустава при остеоартрите с помощью PRP, появилась необходимость в доказательных клинических исследованиях эффективности такого вида лечения.

Авторы комментируемой статьи исследовали клиническую эффективность применения моноинъекционной терапии одним из многочисленных вариантов PRP (Русвиск). Были получены обнадеживающие ранние результаты, выражающиеся в снижении уровня болевого синдрома и улучшении функциональных возможностей верхней конечности. В качестве несомненных достоинств представленной работы можно отметить достаточное количество наблюдений в группах, их однородность и перспективный характер исследования.

Клинические исследования в этой области имеют разные дизайн и уровни доказательности, которые варьируют от 1 до 4 [5, 6, 7, 8]. Неоднородность методов обработки крови, используемой для приготовления PRP, а также отсутствие полноценной информации о базовых характеристиках и составах получаемых при обработке препаратов, является основным препятствием для понимания клинических эффектов PRP [4]. Подавляющее большинство существующих клинических исследований по оценке препаратов PRP не предоставляют достаточной информации, чтобы позволить адекватно оценивать их протоколы. Это обстоятельство затрудняет общую интерпретацию результатов таких научных работ и делает практически невозможным сравнение проведенных исследований [4, 5, 6].

В настоящее время в мире не существует всеобъемлющей и общепринятой системы, позволяющей классифицировать PRP и другие аутологичные препараты крови [4]. Исследования показали, что эффективность PRP-терапии зависит от объема применяемой аутологичной крови, скорости и времени ее центрифугирования, метода введения, активирующего агента, получаемого объема PRP и концентрации тромбоцитов, наличия или отсутствия во вводимом препарате лейкоцитов [9].

За рубежом сегодня существуют десятки различных методик PRP-терапии [4]. В России используют варианты PRP, полученные как путем центрифугирования, так и с использованием специальных разделительных гелей-активаторов для цельной крови. Однако применение гелей-активаторов приводит к повышению стоимости расходных материалов и снижают аутологичность данного вида PRP: системы Regenlab (Швейцария) и Endoret PRGF (Испания). Наибольшее распространение получили две конкурирующие системы так называемого «чистого» (аутологичного) PRP.

Первая система — пропагандируемая компанией «Русвиск» и имеющая коммерческое название «Ycellbio». Вторая система, созданная на основе плазмы, разработана компанией «Arthrex» и имеет коммерческое название «ACP» (A — autologous, C — Conditioned, P — Plasma). Нужно отметить, что при заявленной производителями данных технологий универсальной их эффективности в отношении пациентов как с остеоартритом, так и с тендинопатиями различной локализации, создатели каждой из этих систем PRP диаметрально противоположно отвечают на вопросы об оптимальной концентрации тромбоцитов и наличии/отсутствии лейкоцитов в выделяемом препарате для достижения максимального клинического эффекта. Так, например, преимущества технологии «ACP» основаны на трех научных гипотезах. Первая свидетельствует о насыщаемости стимуляции пролиферативной способности клеток, означающей, что только определенное количество выделенных тромбоцитами факторов роста стимулирует пролиферацию. Избыток факторов роста не используется и со временем разрушается в тканях, а максимальное количество тромбоцитов для насыщения всех доступных рецепторов клеток и индукции максимального клеточного ответа составляет двукратную их концентрацию [10]. Вторая гипотеза утверждает, что концентрация тромбоцитов на основе светлого слоя кровяного сгустка является чрезмерной для максимального физиологического ответа. При более чем четырехкратном превышении концентрации тромбоцитов относительно исходного уровня развивается парадоксальное угнетение пролиферации клеток — так называемый эффект «переполненного стакана» [11]. Третья основана на предположении об отрицательном воздействии некоторых видов лейкоцитов на репаративные процессы [12].

Безусловно, все перечисленные гипотезы нуждаются в многократных проверках и подтверждениях экспериментальными и клиническими исследованиями для пациентов как с остеоартритом, так и с тендинопатиями различных локализаций. На сегодняшний день назрела потребность в разработке универсальной классификации PRP, которая должна сочетать в себе следующие свойства: быть простой в использовании, воспроизводимой и сфокусированной на характеристиках, которые имеют отношение к прогнозу и выбору лечебной тактики для пациентов с ортопедической патологией. Интересны предложения по клиническому использованию вариантов клеточной терапии для улучшения приживления сухожилий к проксимальному отделу плечевой кости. Стволовые клетки могут быть перспективным решением для восстановления структуры места крепления ВМПС

на бугорках плечевой кости из-за механизма тройного действия: непосредственного участия в восстановительном ответе, стимуляции локальных клеток посредством «паракринной» реакции и иммуномодулирующей активности [1]. Дальнейшая экспериментальная и клиническая работа в этих направлениях, безусловно, имеет перспективы для современной ортопедической практики.

### Литература [References]

1. Hoppe S., Alini M., Benneker L.M., Milz S., Boileau P., Zumstein M.A. Tenocytes of chronic rotator cuff tendon tears can be stimulated by platelet-released growth factors. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(3):340-349. doi: 10.1016/j.jse.2012.01.016.
2. Jo C.H., Kim J.E., Yoon K.S., Shin S. Platelet-rich plasma stimulates cell proliferation and enhances matrix gene expression and synthesis in tenocytes from human rotator cuff tendons with degenerative tears. *Am J Sports Med.* 2012;40(5):1035-1045. doi: 10.1177/0363546512437525.
3. Randelli P.S., Arrigoni P., Cabitza P., Volpi P., Maffulli N. Autologous platelet rich plasma for arthroscopic rotator cuff repair. A pilot study. *Disabil Rehabil.* 2008; 30(20-22):1584-1589. doi: 10.1080/09638280801906081.
4. Rossi L.A., Murray I.R., Chu C.R., Muschler G.F., Rodeo S.A., Piuze N. S. Classification systems for platelet-rich plasma. *Bone Joint J.* 2019;101-B:891-896. doi: 10.1302/0301-620X.101B8.BJJ-2019-0037.R1.
5. Barber F.A., Hrnack S.A., Snyder S.J., Hope O. Rotator cuff repair healing influenced by platelet-rich plasma construct augmentation. *Arthroscopy.* 2011;27(8):1029-1035. doi: 10.1016/j.arthro.2011.06.010.
6. Bergeson A.G., Tashjian R.Z., Greis P.E., Crim J., Stoddard G.J., Burks R.T. Effects of platelet-rich fibrin matrix on repair integrity of at-risk rotator cuff tears. *Am J Sports Med.* 2012;40(2):286-293. doi: 10.1177/0363546511424402.
7. Castricini R., Longo U.G., De Benedetto M., Panfoli N., Pirani P., Zini R. et al. Platelet-rich plasma augmentation for arthroscopic rotator cuff repair: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):258-265. doi: 10.1177/0363546510390780.
8. Charousset C., Zaoui A., Bellaïche L., Piterman M. Does autologous leukocyte-platelet-rich plasma improve tendon healing in arthroscopic repair of large or massive rotator cuff tears? *Arthroscopy.* 2014;30(4):428-435. doi: 10.1016/j.arthro.2013.12.018.
9. Sundman E.A., Cole B.J., Fortier L.A. Growth factor and catabolic cytokine concentrations are influenced by the cellular composition of platelet-rich plasma. *Am J Sports Med.* 2011;39(10):2135-2140. doi: 10.1177/0363546511417792.
10. Weibrich G., Hansen T., Kleis W., Buch R., Hitzler W.E. Effect of platelet concentration in platelet-rich plasma on peri-implant bone regeneration. *Bone.* 2004;34(4):665-671. doi: 10.1016/j.bone.2003.12.010.
11. Sherwood L. Human Physiology: From Cells to Systems. 7<sup>th</sup> ed. Belmont (CA): Brooks/Cole; 2010, p. 15.
12. Scott A., Khan K.M., Roberts C.R., Cook J.L., Duronio V. What do we mean by the term "inflammation?" A contemporary basic science update for sports medicine. *Br J Sports Med.* 2004;38(3):372-380. doi: 10.1136/bjism.2004.011312.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Доколин Сергей Юрьевич — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Кузьмина Владислава Игоревна — канд. мед. наук, младший научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

Sergey Yu. Dokolin — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Vladislava I. Kuz'mina — Cand. Sci. (Med.), Assistant Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

## Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты

А.Р. Касимова<sup>1,2</sup>, С.А. Божкова<sup>1</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1,3</sup>, А.В. Сараев<sup>1</sup>,  
А.И. Петухов<sup>1</sup>, А.А. Журавков<sup>2</sup>, А.Н. Арефьева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. 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

**Актуальность** — венозные тромбозы являются потенциально опасными для жизни осложнениями эндопротезирования коленного сустава (КС). Оптимальная стратегия тромбопрофилактики должна снижать риск развития ВТЭО, не повышая риска развития геморрагических осложнений. **Цель исследования** — оценить влияние лекарственных средств (ацетилсалициловой кислоты, дабигатрана этексилата и ривароксабана) для фармакологической профилактики ВТЭО и особенностей техники операции (использование турникета и дренирования) на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования КС. **Материал и методы.** В исследовании приняли участие 335 пациентов (65 мужчин и 270 женщин), поступивших для планового первичного/ревизионного эндопротезирования КС, подходящих по критериям включения/невключения, без дополнительных факторов риска развития ВТЭО. В зависимости от лекарственного средства для тромбопрофилактики пациенты были рандомизированы на три клинические группы. В течение стационарного периода лечения у всех пациентов регистрировали развитие симптоматических ВТЭО и развитие геморрагических осложнений. Кроме того, учитывали количество пункций КС, выполняемых по клиническим показаниям: баллотирование надколенника, ограничение сгибания и сглаженный контур сустава. **Результаты.** Симптоматические ВТЭО за период исследования не встречались. Объем интраоперационной кровопотери не зависел от ЛС, которым проводилась тромбопрофилактика, и определялся только техникой выполнения операции ( $\rho_s = -0,615$ ,  $p = 0,0001$ ). Использование турникета во время операции позволило значительно сократить интраоперационную кровопотерю ( $p = 0,023$ ). Не установлено связи между техникой выполнения операции и анемией на 5-е сутки ( $\rho_s = 0,11$ ,  $p = 0,05$ ), а также операционной техникой и суммарной кровопотерей ( $\rho_s = 0,12$ ,  $p = 0,01$ ). При этом выявлена слабая значимая корреляционная связь между использованием турникета и скрытой кровопотерей ( $\rho_s = -0,22$ ,  $p = 0,01$ ). Выявлена отрицательная средняя корреляционная связь ( $\rho_s = -0,42$ ,  $p = 0,01$ ) объема суммарной кровопотери и уровня гемоглобина на 5-е сутки после операции. Количество послеоперационных пункций в группах было сопоставимо. **Заключение.** Выборки такого размера недостаточно, чтобы сделать выводы о равной эффективности применения АСК, дабигатрана и ривароксабана для профилактики ВТЭО после эндопротезирования КС у пациентов без дополнительных факторов риска тромбоза. Полученные данные о существенной корреляционной связи техники операции с объемом интраоперационной и скрытой кровопотери, а также суммарной кровопотери и уровня гемоглобина на 5-е сутки после операции позволяют предположить возможное влияние лекарственного препарата для тромбопрофилактики на кровопотерю со вторых суток после операции.

**Ключевые слова:** ацетилсалициловая кислота, аспирин, интраоперационная кровопотеря, суммарная кровопотеря, турникет, дренирование, эндопротезирование коленного сустава.

Касимова А.Р., Божкова С.А., Тихилов Р.М., Сараев А.В., Петухов А.И., Журавков А.А., Арефьева А.Н. Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):70-80. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-70-80.

**Cite as:** Kasimova A.R., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M., Saraev A.V., Petukhov A.I., Zhuravkov A.A., Arefyeva A.N. [The Effect of Pharmacological Thromboprophylaxis, Tourniquet and Drainage on Hemorrhagic Complications in the Early Stage after Knee Arthroplasty: Preliminary Results]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):70-80. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-70-80.

Касимова Алина Рашидовна / Alina R. Kasimova; e-mail: kasi-alina@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 09.07.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 29.07.2019.

## The Effect of Pharmacological Thromboprophylaxis, Tourniquet and Drainage on Hemorrhagic Complications in the Early Stage after Knee Arthroplasty: Preliminary Results

A.R. Kasimova<sup>1,2</sup>, S.A. Bozhkova<sup>1</sup>, R.M. Tikhilov<sup>1,3</sup>, A.V. Saraev<sup>1</sup>, A.I. Petukhov<sup>1</sup>, A.A. Zhuravkov<sup>2</sup>, A.N. Arefyeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, 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

**Background** — venous thromboembolic complications (VTE) are potential life-threatening complications following knee arthroplasty (KA). An optimal thromboprophylaxis strategy should reduce the risk of developing VTE without increasing the risk of hemorrhagic complications. **The purpose of the study** is to evaluate the effect of the drugs (acetylsalicylic acid, dabigatran etexilate and rivaroxaban) for the pharmacological thromboprophylaxis and the features of the surgical procedure (use of the tourniquet and drainage) on hemorrhagic complications in early periods after knee arthroplasty. **Materials and Methods.** 335 patients (65 men and 270 women), without additional risk factors for the development of thromboembolic complications, were included into the study. Those patients were admitted for planned primary / revision knee arthroplasty and corresponded to inclusion / non-inclusion criteria. Patients were randomized into three clinical groups, depending on the drug used thromboprophylaxis. During the inpatient treatment period, all patients recorded the development of symptomatic VTEs and the development of hemorrhagic complications. According to the clinical indications, the number of knee joint punctures was taken into account: patella balloting, restricted flexion and a smooth joint contour. **Results.** Symptomatic VTEs were not observed during the study period. The volume of intraoperative blood loss did not depend on the drugs used for thromboprophylaxis, and was determined only by the surgical technique ( $\rho_s = -0.615$ ,  $p = 0.0001$ ). The use of the tourniquet during the procedure significantly reduced intraoperative blood loss ( $p = 0.023$ ). No relation between surgical technique and anemia on the 5<sup>th</sup> day ( $\rho_s = 0.11$ ,  $p = 0.05$ ), as well as between surgical technique and total blood loss ( $\rho_s = 0.12$ ,  $p = 0.01$ ) was established; weak reliable correlation between the use of the tourniquet and hidden blood loss ( $\rho_s = -0.22$ ,  $p = 0.01$ ) was reported. A negative average significant correlation was observed ( $\rho_s = -0.42$ ,  $p = 0.01$ ) for the volume of total blood loss and hemoglobin level on the 5<sup>th</sup> day after the surgery. The number of postoperative punctures was comparable in the study groups. **Conclusion.** Sample of present size is not sufficient to make conclusions about the equal efficacy of using acetylsalicylic acid, dabigatran and rivaroxaban for thromboprophylaxis after knee arthroplasty in patients without additional risk factors for thrombosis. Data on the significant correlation of the surgical technique with the volume of intraoperative and latent blood loss, as well as total blood loss and hemoglobin level on the 5<sup>th</sup> day after the operation allow to suggest a possible effect of the drug for thromboprophylaxis on blood loss starting from 2<sup>nd</sup> day after the procedure.

**Keywords:** acetylsalicylic acid, aspirin, intraoperative blood loss, total blood loss, tourniquet, drainage, knee arthroplasty.

### Введение

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (КС) — успешная процедура, улучшающая качество жизни многих пациентов во всем мире. Поэтому в ближайшие годы ожидается экспоненциальное увеличение количества таких операций. Одним из общепризнанных осложнений эндопротезирования КС являются венозные тромбозы, которые могут приводить к увеличению заболеваемости и смертности после перенесенных вмешательств. Развитие веноз-

ных тромбозных осложнений (ВТЭО) приводит к негативным последствиям для пациента и для системы здравоохранения, увеличивая стоимость болезни\* и частоту повторных госпитализаций [1].

Спорным остается вопрос о выборе оптимального препарата для периоперационной профилактики ВТЭО после ортопедических операций. Существует большое количество стратегий, и выбор часто производится субъективно на основе локальных или региональных моделей прак-

\* Стоимость болезни — экономическое бремя (включающее прямые и косвенные затраты), определенного заболевания или состояния здоровья для общества.

тики и медико-правовой среды. Важно отметить, что частота различных ВТЭО варьируется. Клинически незначимые тромбозы глубоких вен могут достигать 12,6–31,1% после первичного эндопротезирования [2, 3]. Частота клинически значимых тромбозов глубоких вен значительно ниже и составляет 0,75–2,1% [4, 5]. Еще реже встречается наиболее тяжелое осложнение — тромбоэмболия легочной артерии — от 0,41 до 1,93% [4, 6]. В последние годы при изучении эффективности тромбопрофилактики исследователи учитывают частоту только симптоматических тромбоэмболий, что связано с отсутствием различий в клинических исходах между группами пациентов с развитием нелетальных бессимптомных ВТЭО и без них через 2 года после тотального эндопротезирования КС [7].

Совершенствование хирургической техники, направленное на минимизацию объема хирургической травмы, сокращение продолжительности операции и сроков госпитализации, и ранняя активизация пациентов могут снижать риск развития ВТЭО. При этом увеличение полости сустава, например, за счет субтотальной синовэктомии, при выраженных синовитах или в ходе ревизионного вмешательства на фоне приема антикоагулянтов может увеличивать риск клинически значимых кровотечений (до 6,8% пациентов после эндопротезирования имеют геморрагические осложнения), приводить к формированию гематом и потенциально увеличивать риск повторных операций и инфекционных осложнений [8]. Оптимальная стратегия профилактики должна снижать риск развития ВТЭО, не повышая риск развития осложнений, связанных с применением лекарственного средства вследствие избыточной фармакологической гипокоагуляции.

Первым документом в РФ, регламентирующим тромбопрофилактику после ортопедических операций, был ОСТ 91500.11.0007-2003, в котором предлагались к применению после эндопротезирования нефракционированный и низкомолекулярные гепарины, а также варфарин. Опубликованные в 2012 г. российские клинические рекомендации «Профилактика венозных тромбоэмболических осложнений в травматологии и ортопедии», разработанные профессиональным сообществом, расширили этот перечень, включив прямые оральные антикоагулянты (дабигатрана этексилат и ривароксабан) [9]. Также допускалось применение ацетилсалициловой кислоты (АСК), однако отмечалось отсутствие доказательной базы на момент разработки рекомендаций. С момента выхода рекомендаций АССР, которые ввели АСК в перечень препаратов для профилактики ВТЭО после эндопротезиро-

вания коленного или тазобедренного сустава, в мире значимо возросла частота использования этого препарата в ортопедии [10]. Целый ряд научных публикаций последних лет демонстрирует сопоставимую с антикоагулянтами эффективность АСК в отношении профилактики тромбоэмболий, ассоциированную с более низким риском кровотечений вследствие меньшего гипокоагуляционного эффекта [11, 12].

**Цель исследования** — оценить влияние лекарственных средств (АСК, дабигатрана этексилата и ривароксабана) для фармакологической профилактики ВТЭО и особенностей техники операции (использование турникета и дренирования) на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава.

## Материал и методы

Дизайн исследования: одноцентровое, проспективное, рандомизированное.

В исследование включали всех пациентов, соответствующих критериям включения/невключения, за период с 1.02.2018 по 20.06.2018, поступивших в два отделения стационара.

Критерии включения: плановое первичное или ревизионное эндопротезирование КС.

Критерием не включения было наличие любого из известных дополнительных факторов риска развития ВТЭО [13]:

- 1) возраст 75 и более лет;
- 2) ожирение III степени (ИМТ>39,9);
- 3) венозный тромбоз и/или легочная тромбоэмболия, варикозное расширение вен нижних конечностей с тромбофлебитом в анамнезе;
- 4) планируемая продолжительность операции более 2 ч;
- 5) катетер в центральной вене;
- 6) тяжелые заболевания легких (дыхательная недостаточность II–III степени);
- 7) выраженная сократительная дисфункция миокарда (хроническая сердечная недостаточность IIб–III стадии);
- 8) воспалительные заболевания толстого кишечника;
- 9) злокачественное новообразование;
- 10) гормонотерапия, химиотерапия, рентгенотерапия у онкологических пациентов;
- 11) сдавление вен опухолью, гематомой и пр.;
- 12) инсульт и/или паралич/парез нижних конечностей;
- 13) острая инфекция (включая сепсис);
- 14) постельный режим (более 3 суток), длительное положение сидя;
- 15) заболевания почек (нефротический синдром, креатинин выше верхней границы нормы);

- 16) миелопролиферативные заболевания;
- 17) беременность или ближайший (до 6 нед.) послеродовой период;
- 18) применение эстроген-гестагенных препаратов и селективных модуляторов эстрогеновых рецепторов (контрацепция или гормональная заместительная терапия) в настоящий момент или в последние 6 мес.

Дополнительно в критерии невключения были внесены непереносимость АСК, обострение язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, а также использование ревизионных конструкций при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава или наличие обширных костных дефектов бедренной и большеберцовой костей при эндопротезировании КС.

Критериями исключения из исследования были пребывание в отделении реанимации и интенсивной терапии более 6 ч и интраоперационно установленная необходимость первичного эндопротезирования КС с использованием ревизионных систем. Так как патология КС преимущественно распространена среди женщин [14], для создания эквивалентных групп и сохранения равной численности на протяжении исследования применяли блоковую рандомизацию с размером блока 6, а мужчины и женщины рандомизировались отдельно.

Всего в исследование включено 335 пациентов (65 мужчин и 270 женщин). Несмотря на критерии включения, были рандомизированы 17 пациентов с ИМТ>40. В рамках настоящего исследования их анализировали совместно с остальными. Из 335 пациентов, включенных в исследование, 4 были

выписаны без выполнения оперативного вмешательства (1 мужчина и 3 женщины). Вмешательство выполнялось 331 пациенту: в группе А — 93 пациентам, в группе Д — 114, в группе Р — 124 пациентам (рис. 1).

Накануне операции пациенты были рандомизированы на три клинические группы в зависимости от лекарственного средства для профилактики ВТЭО: пациенты группы А получали АСК 100 мг 1 раз в день (р/д), группы Д — дабигатран этексилат 220 мг 1 р/д и группы Р — ривароксабан 10 мг 1 р/д. Согласно локальному протоколу профилактики ВТЭО, все пациенты получали подкожную инъекцию дальтепарина натрия 2500 ЕД за 12 ч до оперативного вмешательства. Пациенты, переведенные в день операции в профильное отделение, принимали лекарственное средство утром в первые сутки после вмешательства и продолжали прием до 35-х суток после операции. Все пациенты в послеоперационном периоде использовали компрессионный трикотаж. До проведения хирургического вмешательства между группами не было статистически значимых различий по основным характеристикам. Характеристика пациентов представлена в таблице.

При всех хирургических вмешательствах использовалась спинномозговая анестезия, длительность непосредственно хирургического вмешательства составила 57,4±13,9 мин, различий в продолжительности операции между клиническими группами не выявлено. У всех пациентов использованы эндопротезы с цементной фиксацией (метилметакрилат). Симптоматические ВТЭО за период исследования не встречались.

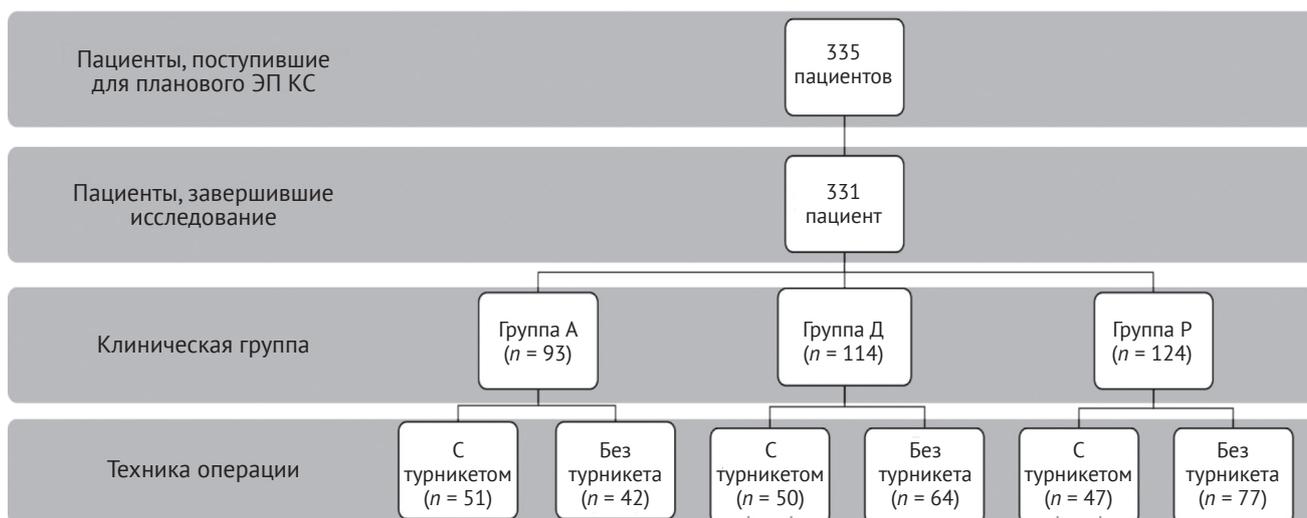


Рис. 1. Распределение пациентов на клинические группы

Fig. 1. Patients distribution per clinical groups

## Характеристика пациентов

Параметр	Группа А	Группа Д	Группа Р
Количество пациентов	93	114	124
Возраст, лет			
среднее	59,3	61,7	61,9
диапазон (Min-Max)	32–70	31–74	32–73
Пол, n (%)			
мужской	18 (19,35)	23 (20,17)	23 (18,54)
женский	75 (80,65)	91 (79,82)	101 (81,45)
ИМТ, n (%)			
<29,9	27 (29)	39 (34,2)	38 (30,4)
30,0–34,9	30 (32,2)	44 (38,6)	42 (33,9)
35,0–39,9	29 (31,2)	18 (15,8)	35 (27,8)
>40	7 (7,5)	6 (5,2)	4 (3,5)
не указано	0	7 (6,2)	5 (4,3)
Диагноз, n (%)			
гонартроз	88 (94,6)	107 (93,8)	118 (95,1)
нестабильность компонентов эндопротеза	4 (4,3)	5 (4,4)	5 (4,0)
ревматоидный артрит	1 (1,1)	2 (1,8)	1 (0,9)

Если пациенты выбывали из исследования по немедицинским причинам (например, выписка до операции по личным обстоятельствам), их не учитывали, на их места рандомизировали других пациентов.

После операции в течение стационарного периода лечения во всех группах оценивали частоту развития симптоматических ВТЭО: тромбоза глубоких вен, тромбоза подкожных вен и тромбоза эмболии легочных артерий и развитие геморрагических осложнений (кровотечения из области хирургического вмешательства, ЖКТ, носовые, гематурия, кровохарканье, геморрагический инсульт), сопровождающихся снижением Нб на 20 г/л и более, или требующих гемотрансфузии. Кроме того, учитывали количество пункций КС, выполняемых по клиническим показаниям: баллотирование надколенника, ограничение сгибания и сглаженный контур сустава.

Оценивали кровопотерю (дренажную и скрытую) и лабораторные показатели (количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов, уровень Нб, гематокрит) до операции, в первые и 5-е сутки после операции, а также уровень общего белка, креатинина, АСТ, АЧТВ, ТВ, ПТ, МНО, фибриноген до операции и на 5-е сутки после операции.

Скрытую кровопотерю (СК) рассчитывали по формуле:

$$СК = ОЦК \times (\Gamma_{до} - \Gamma_{по}) \times \left(3 - \frac{\Gamma_{до} - \Gamma_{по}}{2}\right),$$

где ОЦК — объем циркулирующей крови,  $\Gamma_{до}$  — значение гематокрита до операции,  $\Gamma_{по}$  — значение гематокрита после операции [15].

Расчет объема циркулирующей крови (ОЦК) проводили по формуле:

$$ОЦК = K1 \times \text{рост}^3 + K2 \times \text{вес} + K3,$$

где  $K1 = 0,3669$ ,  $K2 = 0,03219$ ,  $K3 = 0,6041$  для мужчин;  $K1 = 0,3561$ ,  $K2 = 0,03308$ ,  $K3 = 0,1833$  для женщин [16].

Исходя из метода расчета скрытой кровопотери, следует учитывать, что она включает в себя интраоперационную кровопотерю и дренажную кровопотерю в первые сутки после операции при наличии дренажа или объем крови, имbibирующей мягкие ткани при отсутствии дренирования. В связи с этим дополнительно был рассчитан объем суммарной кровопотери, который помимо скрытой кровопотери за первые сутки после операции включал дренажную кровопотерю со вторых суток и далее (при наличии дренирования) и объем аспирата, полученного при выполнении пункций сустава.

### Статистический анализ

Полученные результаты и данные пациентов регистрировали в виде электронных таблиц MS Office Excel 2007 (Microsoft, USA) и обрабатывали с использованием системы SPSS Statistics 24.0 (IBM Corp., USA). В качестве меры центральной тенденции для изученных показателей использовали медиану (Me), а в качестве мер рассеяния — нижний (Q1) и верхний (Q3) квартили (25–75% МКИ). Сопоставление количественных признаков между группами сравнения проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна — Уитни. Для проверки гипотез о связях между переменными использовали коэффициент корреляции Спирмена ( $\rho_s$ ), для которого необходимый объем выборки составляет  $n_1 \geq 5$  и  $n_2 \geq 5$ , и соответствие распределения нормальному виду также необязательно. Различия показателей между группами принимали за статистически значимые при  $p < 0,05$ .

### Результаты

Установлено, что объем интраоперационной кровопотери не зависел от лекарственного средства, которым проводилась тромбопрофилактика, и определялся только техникой выполнения операции ( $U = 669$ ,  $p = 0,001$ ). Использование турникета во время операции позволило значимо сократить интраоперационную кровопотерю с 200 (200–300) до 50 (50–100) мл ( $p = 0,023$ ). В связи с этим дальнейший анализ проводили в подгруппах пациен-

тов, оперированных с наложением турникета и без него. Доля пациентов, оперированных со жгутом и без жгута, составила 44,7% и 55,3% соответственно.

При наложении турникета максимальный объем интраоперационной кровопотери составил 400 мл, в то время как в группе без него кровопотеря в некоторых случаях достигала 1000 мл (рис. 2).

При наложении турникета в ходе хирургического вмешательства дренирование раны не выполняли. При выполнении эндопротезирования КС без наложения жгута в 40,9% ( $n = 75$ ) случаев устанавливали дренаж. Доля пациентов с дренированием раны в группах была сопоставима: группа А — 38% ( $n = 16$ ), группа Д — 46,9% ( $n = 30$ ), группа Р — 37,6% ( $n = 29$ ). Объем дренажной кровопотери между группами также не различался ( $U = 689$ ,  $p = 0,001$ ) и составил 215 (60–352) мл.

Объем суммарной кровопотери, независимо от выполнения дренирования, был значительно ниже в группе А — 810 (560–1031) мл, в сравнении с группами Д и Р — 910 (655–1109) мл ( $p = 0,061$ ) и 870 (523–1064) мл ( $p = 0,059$ ) соответственно. Суммарная кровопотеря 1500 мл встречалась в одном случае в группе А, в 5 случаях в группе Д и в 4 случаях в группе Р.

Не установлено связи между техникой выполнения операции и анемией на 5-е сутки ( $\rho_s = 0,11$ ,  $p = 0,05$ ), а также операционной техникой и суммарной кровопотерей ( $\rho_s = 0,12$ ,  $p = 0,01$ ). При этом выявлена слабая корреляционная связь между использованием турникета и скрытой кровопотерей ( $\rho_s = -0,22$ ,  $p = 0,01$ ).

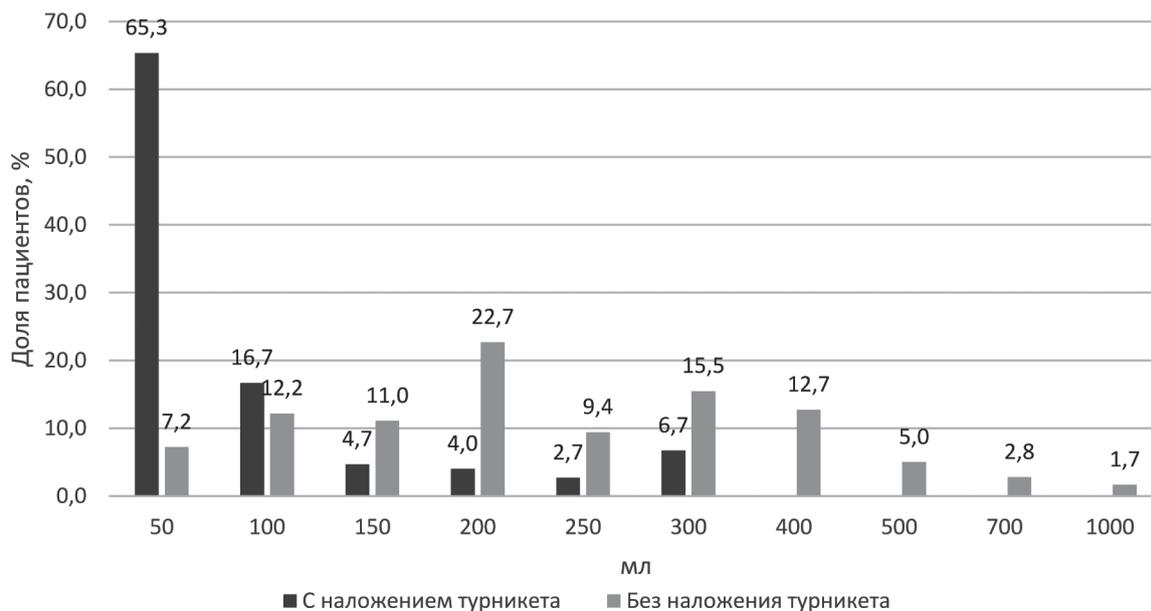
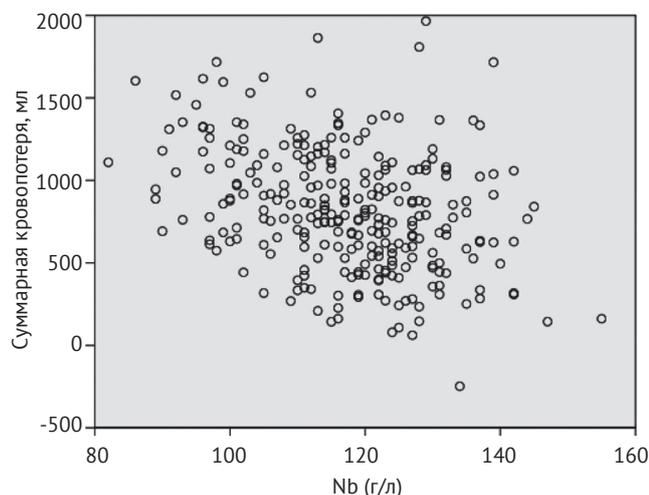


Рис. 2. Распределение пациентов по объему интраоперационной кровопотери

Fig. 2. Patients distribution by volume of intraoperative blood loss

Выявлена отрицательная средняя статистически значимая корреляция ( $\rho_s = -0,42$ ,  $p = 0,01$ ) объема суммарной кровопотери и уровня Hb на 5-е сутки после операции. У 59,9% и 67% пациентов с суммарной кровопотерей соответственно больше 500 мл и больше 1000 мл на 5-е сутки после операции сохранялась анемия (рис. 3).



**Рис. 3.** Зависимость уровня Hb от величины суммарной кровопотери на 5-е сутки

**Fig. 3.** Relation of Hb level at day 5<sup>th</sup> after surgery with total blood loss volume

На 5-е сутки после операции анемия легкой степени тяжести (Hb = 119–90 г/л) была выявлена у 64 (68,8%) пациентов в группе А, у 75 (65,8%) пациентов в группе Д и у 83 (67%) пациентов в группе Р. При этом анемия средней степени тяжести (Hb = 89–70 г/л) несколько реже встречалась у пациентов на фоне приема АСК ( $n = 6/6,5\%$ ) в сравнении с дабигатраном этексилатом ( $n = 16/14\%$ ) ( $p = 0,061$ ) и ривароксабаном ( $n = 12/9,7\%$ ) ( $p = 0,067$ ). Тяжелая анемия в исследуемой когорте пациентов не встречалась.

Коррекцию анемии легкой степени тяжести не выполняли, пациентам с анемией средней степени тяжести назначали препарат парентерального железа. Гемотрансфузии при анемии средней степени тяжести выполняли по клиническим показаниям. В группе А гемотрансфузий не было, в группе Д гемотрансфузия была выполнена одному пациенту (при уровне Hb 87 г/л), в группе Р — двум пациентам (при уровне Hb 86 и 82 г/л). Эти пациенты были исключены из анализа.

Количество послеоперационных пункций в группах было сопоставимо. В группе А пункция оперированного сустава была выполнена одному пациенту, объем пунктата составил 50 мл. В группе Д пункцию оперированного сустава выполняли двум пациентам, при этом в одном случае —

4 раза с общим объемом пунктата 280 мл, в другом — дважды с общим объемом пунктата 140 мл. В группе Р пункцию оперированного сустава не выполняли.

Для обезболивания в раннем послеоперационном периоде использовалась двухуровневая схема. На первом этапе все пациенты, независимо от уровня боли, ежедневно получали максимальную дозу НПВС (мелоксикам). Если при этом уровень боли превышал средний, пациенту выполнялась внутривенное введение парацетамола. Ко второму уровню обезболивания, введению трамадола, прибегали при отсутствии эффекта от НПВС в 30% случаев.

У всех пациентов с момента наложения швов на послеоперационную рану был использован компрессионный трикотаж первой степени компрессии (чулки). Активизация и вертикализация пациентов выполнялась в день операции.

УЗ-контроль состояния вен нижних конечностей выполнялся всем пациентам на 6–7-е сутки после операции. Патологических заключений в исследуемой группе получено не было. Оценка количества объемных подкожных гематом в группах сравнения не проводилась.

## Обсуждение

В исследовании D. Nam с соавторами разделили пациентов, которым планировалось эндопротезирование, на группы высокого и обычного риска ВТЭО. К группе высокого риска отнесли тех, кто соответствовал любому из следующих критериев: возраст 70 лет, тромбоз глубоких вен в анамнезе, онкология, состояние гиперкоагуляции, множественные сопутствующие заболевания, ИМТ 40 кг/м<sup>2</sup>, семейный анамнез венозного тромбоза или длительная неподвижность. В послеоперационном периоде пациентам с обычным риском ВТЭО ( $n = 1402$ ) проводили комбинированную тромбопрофилактику АСК в сочетании с перемежающейся пневмокомпрессией, пациенты высокого риска ( $n = 457$ ) получали варфарин (с целевым значением МНО 2,0–3,0). Различий между группами в частоте симптоматических ВТЭО в течение 6 нед. после операции не было (0,5% против 0,5%;  $p = 1,000$ ). При этом в группе пациентов, получавших варфарин, чаще отмечали сильные кровотечения (2,0% против 0,5%,  $p = 0,006$ ) и осложнения со стороны послеоперационной раны (1,2% против 0,2%,  $p = 0,01$ ) [17]. Эти результаты подтверждают мнение о том, что адекватная профилактика ВТЭО может быть достигнута при использовании АСК у пациентов с невысоким риском ВТЭО, при этом сводя к минимуму риск кровотечений и осложнений, связанных с послеоперационной раной. Тем не менее исследование имеет несколько ограничений, включая отсутствие ран-

домизации пациентов и ослепления исследователей относительно лечения.

В настоящем исследовании лечащие врачи также не были ослеплены, то есть, выполняя хирургическое вмешательство и манипуляции в послеоперационном периоде, они знали, какое лекарственное средство получает пациент. Однако главный исследователь не оказывал влияния на отбор пациентов в исследование, не влиял на тактические решения в ходе лечебного процесса (все решения принимались лечащим врачом совместно с руководителем подразделения), а проводил рандомизацию и анализировал уже законченные клинические случаи.

До сих пор ведутся споры о достоинствах и недостатках применения турникета при эндопротезировании КС. Как правило, техника выполнения операции (с наложением/без наложения турникета) не зависит от характеристик пациента и определяется предпочтениями оперирующего хирурга. К преимуществам турникета, накладываемого непосредственно перед разрезом кожи и до окончания наложения швов, относят адекватную визуализацию анатомических структур, меньшую интраоперационную кровопотерю, лучшую остеоинтеграцию костного цемента (при его использовании) [18]. Возможными недостатками применения турникета являются повреждение мягких тканей и сосудисто-нервных пучков, а также повышенная ригидность сустава и более выраженный отек в послеоперационном периоде [19]. Это побудило многих авторов провести исследования, сравнивающие операции без использования жгута и операции со жгутом и оценивающие его влияние на периоперационную кровопотерю, частоту ВТЭО, послеоперационную боль, функцию сустава и инфекционные осложнения.

Метаанализ, включающий результаты 10 исследований, не показал каких-либо различий у пациентов, оперированных со жгутом или без него в таких исходах, как количество ВТЭО (и тромбозов глубоких вен, и тромбоэмболия легочных артерий), при этом показал меньшую интраоперационную и суммарную кровопотерю и большее количество не тяжелых осложнений (болевого синдром и тугоподвижность) у пациентов, оперированных со жгутом [20]. Однако в недавнем исследовании Z. Zhang с соавторами показано, что интраоперационное применение пневмотурникета значительно сокращает продолжительность операции эндопротезирования КС, но увеличивает скрытую кровопотерю, отек сустава на 3-е сутки после вмешательства и осложняет разработку движений в раннем послеоперационном периоде [21].

В нашем исследовании величина интраоперационной кровопотери также напрямую зависела от использования турникета и составила 50

(50–100) мл в сравнении с 200 (100–300) мл при выполнении оперативного вмешательства без его применения. При этом отсутствовало влияние техники операции и интраоперационной кровопотери на течение послеоперационной анемии, развитие которой, согласно полученным результатам, определялось объемом суммарной кровопотери.

По современным представлениям, при эндопротезировании КС рутинное дренирование послеоперационной раны не рекомендовано, так как считается, что дренирование раны противодействует гемостазу, усиливая кровотечение из области хирургического вмешательства, и, следовательно, увеличивая общую кровопотерю. Отсутствие же дренажа создает в полости КС замкнутую ограниченную полость (вакуум), объем которой также дополнительно уменьшается за счет давящей повязки и компрессионного трикотажа, что создает благоприятные условия для физической тампонады сосудов и остановки кровотечения [22]. Однако многие хирурги уверены, что послеоперационная гематома и, как следствие, проблемы с заживлением раны могут быть решены установкой дренажа после операции [23]. Другие авторы установили, что дренирование раны вакуумным дренажом сопровождается повышенным риском послеоперационной инфекции [24], замедленным функциональным восстановлением и более длительным болевым синдромом [25], а также увеличением объема общей кровопотери [26], что подтвердилось в нашем исследовании. Дренирование послеоперационной раны было выполнено в 43,5% операций без применения турникета. В подавляющем большинстве случаев дренаж удаляли в первые сутки после операции, но у 14% пациентов он продолжал функционировать, и его оставляли до 3–4 суток. Медиана объема отделяемого у всех пациентов с дренированием составила 215 (60–352) мл. Чем дольше функционирует дренаж, тем больше объем отделяемого. Создается своеобразный «порочный круг» на фоне фармакологической гипокоагуляции: несовершенный хирургический гемостаз и наличие дренажа создают неблагоприятные условия для биологического гемостаза, что усиливает кровотечение, вызывая снижение концентрации факторов свертывания, и, как следствие, еще большее увеличение объема суммарной кровопотери. Все это может создавать неблагоприятные условия для заживления раны. Так, S. Mårdian с соавторами показали значительно лучшее заживление ран без использования дренажа [27]. Кроме того, комфорт пациентов в раннем послеоперационном периоде повышается при отсутствии внутрисуставного дренажа, поскольку его болезненное удаление становится ненужным [28].

Размер выборки в нашем исследовании не достаточен, чтобы делать выводы о равной эффективности применения АСК, дабигатрана и ривароксабана для профилактики ВТЭО после эндопротезирования КС у пациентов без дополнительных факторов риска тромбоза. Полученные данные о существенной корреляционной связи техники операции с объемом интраоперационной и скрытой кровопотери, а также суммарной кровопотери и уровня Hb на 5-е сутки после операции позволяют предположить возможное влияние лекарственного препарата для тромбопрофилактики на кровопотерю со вторых суток после операции. Это предположение также подтверждается несколько меньшей долей пациентов с анемией средней тяжести в группе АСК в сравнении с группами дабигатрана и ривароксабана: 6,5%, 14% и 9,7% соответственно, и меньшим количеством пациентов с суммарной кровопотерей более 1500 мл на фоне приема антиагреганта, несмотря на то, что не выявлено значимой связи между сохраняющейся анемией и лекарственным средством для профилактики ВТЭО.

Таким образом, необходимы дальнейшие рандомизированные исследования с выборкой большего размера для определения зависимости влияния лекарственных средств для фармакологической профилактики ВТЭО и особенностей техники операции (использование турникета и дренирования) на геморрагические осложнения в отсроченном периоде. Полученные результаты могут послужить доказательной базой при пересмотре рекомендаций по профилактике ВТЭО после эндопротезирования.

#### Этика публикации

Исследование получило одобрение локального этического комитета.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Касимова А.Р.* — обзор публикаций по теме статьи, сбор и обработка материала, статистический анализ, оценка и интерпретация результатов, подготовка рукописи.

*Божкова С.А.* — разработка концепции и дизайна исследования, оценка и интерпретация результатов, критический пересмотр и оформление окончательного варианта статьи.

*Тихилов Р.М.* — разработка концепции и дизайна исследования, оценка и интерпретация результатов.

*Сараев А.В.* — оценка и интерпретация результатов, подготовка рукописи.

*Петухов А.И.* — оценка и интерпретация результатов.

*Журавков А.А.* — сбор и обработка материала.

*Арефиева А.Н.* — сбор и обработка материала.

#### Литература [References]

- Lieberman J.R., Heckmann N. Venous Thromboembolism Prophylaxis in Total Hip Arthroplasty and Total Knee Arthroplasty Patients: from Guidelines to Practice. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(12):789-798. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00760.
- Freedman K.B., Brookenthal K.R., Fitzgerald R.H. Jr., Williams S., Lonner J.H. A meta-analysis of thromboembolic prophylaxis following elective total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82-A(7):929-938. doi: 10.2106/00004623-200007000-00004.
- Migita K., Bito S., Nakamura M., Miyata S., Saito M., Kakizaki H. et al. Venous thromboembolism I after total joint arthroplasty: results from a Japanese multicenter cohort study. *Arthritis Res Ther.* 2014;16(4):R154. doi: 10.1186/ar4616.
- Sarmiento A., Goswami A. Thromboembolic disease prophylaxis in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;(436):138-143. doi: 10.1097/01.blo.0000161824.52515.31.
- Hamilton W.G., Reeves J.D., Fricka K.B., Goyal N., Engh G.A., Parks N.L. Mechanical thromboembolic prophylaxis with risk stratification in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2015;30(1):43-45. doi: 10.1016/j.arth.2014.08.006.
- Parvizi J., Huang R., Raphael I.J., Arnold W.V., Rothman R.H. Symptomatic pulmonary embolus after joint arthroplasty: stratification of risk factors. *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472(3):903-912. doi: 10.1007/s11999-013-3358-z.
- Ast M.P., Gorab A.H., Banka T.R., Lee L., Lyman S., Westrich G.H. Clinical outcomes of patients with non-fatal VTE after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2014;29(1):37-39. doi: 10.1016/j.arth.2013.04.013.
- Wang Z., Anderson F.A. Jr., Ward M., Bhattacharyya T. Surgical site infections and other postoperative complications following prophylactic anticoagulation in total joint arthroplasty. *PLoS One.* 2014;9(4):e91755. doi: 10.1371/journal.pone.0091755.
- Профилактика венозных тромбоэмболических осложнений в травматологии и ортопедии. Российские клинические рекомендации. *Травматология и ортопедия России.* 2012;1(приложение):2-24. [Prevention of venous thromboembolic complications in traumatology and orthopedics. Russian clinical guidelines]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2012;1(suppl):2-24. (in Russian).
- Falck-Ytter Y., Francis C.W., Johanson N.A., Curley C., Dahl O.E., Schulman S. et al. Prevention of VTE in orthopedic surgery patients: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest.* 2012;141(2 Suppl):e278S-e325S. doi: 10.1378/chest.11-2404.
- Azboy I., Barrack R., Thomas A.M., Haddad F.S., Parvizi J. Aspirin and the prevention of venous thromboembolism following total joint arthroplasty: commonly asked questions. *Bone Joint J.* 2017;99B(11):1420-1430. doi: 10.1302/0301-620X.99B11.BJJ-2017-0337.R2.
- Ogonda L., Hill J., Doran E., Dennison J., Stevenson M., Beverland D. Aspirin for thromboprophylaxis

- after primary lower limb arthroplasty: early thromboembolic events and 90 day mortality in 11,459 patients. *Bone Joint Lett J.* 2016;98-B(03):341-348. doi: 10.1302/0301-620X.98B3.36511.
13. Российские клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике венозных тромбозомболических осложнений (ВТЭО). *Флебология.* 2015;9(4)Вып. 2:2-52.  
[Russian clinical guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of venous thromboembolic complications (VTE)]. *Flebologiya [Phlebology].* 2015;9(4)Issue 2:2-52. (in Russian).
  14. Nur H., Sertkaya B.S., Tuncer T. Determinants of physical functioning in women with knee osteoarthritis. *Aging Clin Exp Res.* 2018;30(4):299-306. doi: 10.1007/s40520-017-0784-x.
  15. Bourke D.L., Smith T.C. Estimating allowable haemodilution. *Anesthesiology.* 1974;41:609-612. doi: 10.1097/0000542-197412000-00015.
  16. Nadler S.B., Hidalgo J.U., Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery.* 1962;51(2):224-232.
  17. Nam D., Nunley R.M., Johnson S.R., Keeney J.A., Clohisey J.C., Barrack R.L. Thromboembolism prophylaxis in hip arthroplasty: Routine and high risk patients. *J Arthroplasty.* 2015;30(12):2299-2303. doi: 10.1016/j.arth.2015.06.045.
  18. Hersekli M.A., Akpinar S., Ozkoc G., Ozalay M., Uysal M., Cesur N., Tandogan R.N. The timing of tourniquet release and its influence on blood loss after total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2004;28(3):138-141. doi:10.1007/s00264-004-0550-5.
  19. Kim T.K., Bamne A.B., Sim J.A., Park J.H., Na Y.G. Is lower tourniquet pressure during total knee arthroplasty effective? A prospective randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):275. doi: 10.1186/s12891-019-2636-7.
  20. Alcelik I., Pollock R.D., Sukeik M., Bettany-Saltikov J., Armstrong P.M., Fisser P. A comparison of outcomes with and without a tourniquet in total knee arthroplasty: a systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials. *J Arthroplasty.* 2012;27(3):331-340. doi:10.1016/j.arth.2011.04.046.
  21. Zhang Z., Liang J., Zuo X., Liu R., Dang X., Wang K. [Effect of pneumatic tourniquet on perioperative blood loss in total knee arthroplasty]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2019;33(6):681-684. doi: 10.7507/1002-1892.201902025. (in Chinese).
  22. Parker M.J., Roberts C.P., Hay D. Closed suction drainage for hip and knee arthroplasty. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(6):1146-1152. doi: 10.2106/00004623-200406000-00005.
  23. Canty S.J., Shepard G.J., Ryan W.G., Banks A.J. Do we practice evidence based medicine with regard to drain usage in knee arthroplasty? Results of a questionnaire of BASK members. *Knee.* 2003;10(4):385-387. doi: 10.1016/S0968-0160(03)00037-1.
  24. Jing F., Li H.M., Yang X.D., Li B., Ji J., Li Y.L., Sun C.J. [Efficacy and safety of drainage after total knee arthroplasty]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2017;97(27):2145-2149. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.27.014. (in Chinese).
  25. Concina C., Crucil M., Fabbro S., Gherlinzoni F. Do tourniquet and drainage influence fast track in total knee arthroplasty? Our results on 151 cases. *Acta Biomed.* 2019;90(1-S):123-129. doi: 10.23750/abm.v90i1-S.8080.
  26. Xu H., Xie J., Lei Y., Huang Q., Huang Z., Pei F. Closed suction drainage following routine primary total joint arthroplasty is associated with a higher transfusion rate and longer postoperative length of stay: a retrospective cohort study. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):163. doi: 10.1186/s13018-019-1211-0.
  27. Märdian S., Matziolis G., Schwabe P. Influence of wound drainage in primary total knee arthroplasty without tourniquet. *Int Orthop.* 2015;39(3):435-440. doi: 10.1007/s00264-014-2498-4.
  28. Märdian S., Perka C., Matziolis G. Wound drainage in primary knee arthroplasty--a prospective randomized study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2013;80(2):114-117.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Касимова Алина Рашидовна* — клинический фармаколог отделения клинической фармакологии, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; ассистент кафедры клинической фармакологии и доказательной медицины, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Божкова Светлана Анатольевна* — д-р мед. наук, руководитель научного отделения профилактики и лечения раневой инфекции, заведующая отделением клинической фармакологии, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Тихилов Рашид Муртузалиевич* — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Alina R. Kasimova* — Clinical Pharmacologist, Department of Clinical Pharmacology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Assistant, Department of Clinical Pharmacology and Evidence-Based Medicine, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Svetlana A. Bozhkova* — Dr. Sci. (Med.), Head of the Research Department of Prevention and Treatment of Wound Infection and Department of Clinical Pharmacology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Rashid M. Tikhilov* — Dr. Sci. (Med.), professor, Director of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Professor of Traumatology and Orthopedics Department, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Сараев Александр Викторович* — канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Петухов Алексей Иванович* — канд. мед. наук, заведующий отделением № 10 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Журавков Андрей Андреевич* — студент 6-го курса лечебного факультета ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Арефьева Анна Николаевна* — студентка 5-го курса лечебного факультета ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Alexander V. Saraev* — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexey I. Petukhov* — Cand. Sci. (Med.), Head of Department №10 Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Andrey A. Zhuravkov* — the 6-th year student, faculty of Medicine, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Anna N. Arefyeva* — the 5-th year student, faculty of Medicine, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

## Комментарий к статье «Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты»

М.В. Белов

ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьева», Ярославль, Россия  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль, Россия

## Comment on the Article “The Effect of Pharmacological Thromboprophylaxis, Tourniquet and Drainage on Hemorrhagic Complications in the Early Stage after Knee Arthroplasty: Preliminary Results”

M.V. Belov

Solovyev Clinical Hospital, Yaroslavl, Russian Federation  
Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

Кровотечения и венозные тромбозы, возникающие после крупных ортопедических операций, включая тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС), являются грозными осложнениями и могут представлять угрозу для жизни пациента [1]. В отсутствие тромбопрофилактики частота венозных тромбозов (ВТЭО) после ТЭКС при проведении дополнительного специального обследования всех пациентов, по данным некоторых авторов, может достигать 40–80% [1]. Самым грозным видом этого осложнения является тромбоз легочной артерии (ТЭЛА), при которой риск летального исхода у пациентов, перенесших замену коленного сустава, составляет от 0,1 до 2,0% и является одной из основных причин периопера-

ционной летальности. Нефатальная ТЭЛА встречается еще чаще — в 1,8–7,0% наблюдений [2, 3]. Назначение антикоагулянтов с профилактической целью рекомендуется большинству пациентов, перенесших эндопротезирование тазобедренного или коленного сустава, и, согласно существующим российским клиническим рекомендациям по профилактике тромбозов в травматологии и ортопедии, является сегодня стандартом лечения [4].

Хотя минимизация частоты ВТЭО остается и сейчас важной клинической задачей после ортопедических операций, применение различных вариантов данной терапии является предметом оживленной дискуссии, вызванной, в первую очередь, увеличением частоты геморрагических осложнений [1, 5, 6]. Риск кровотечения вызывает серьезную озабоченность у хирургов-ортопедов, назначающих антикоагулянты. Но нельзя не сказать и о том, что эти же специалисты достаточно ясно понимают риск возникновения ВТЭО, в том числе приводящих к летальному исходу, в случае отказа от фармакопрофилактики.

### • Комментарий к статье

Касимова А.Р., Божкова С.А., Тихилов Р.М., Сараев А.В., Петухов А.И., Журавков А.А., Арефьева А.Н. Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава (предварительные результаты). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):70-80. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-70-80.

 Белов М.В. Комментарий к статье «Влияние фармакологической тромбопрофилактики, турникета и дренирования на геморрагические осложнения в ранние сроки после эндопротезирования коленного сустава: предварительные результаты». *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):81-83. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-81-83.

**Cite as:** Belov M.V. [Comment on the Article “The Effect of Pharmacological Thromboprophylaxis, Tourniquet and Drainage on Hemorrhagic Complications in the Early Stage after Knee Arthroplasty: Preliminary Results”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):81-83. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-81-83.

 Белов Михаил Викторович / Mikhail V. Belov; e-mail: micbelov@yandex.ru

Именно вопросам оптимизации стратегии тромбопрофилактики для снижения риска геморрагических осложнений посвящена статья А.Р. Касимовой с соавторами, в которой оценивается влияние наиболее популярных в настоящее время лекарственных средств для профилактики ВТЭО: ривароксабана, дабигатрана этаксилата и ацетилсалициловой кислоты.

Безусловно, появление в нашем арсенале удобных для приема, эффективных и не требующих рутинного лабораторного контроля прямых пероральных антикоагулянтов привлекло к ним огромный интерес, в особенности на фоне тенденции к ранней выписке из стационара на амбулаторный этап лечения [1]. При этом следует подчеркнуть, что рекомендации, базирующиеся на доказательной медицине, указывают на необходимость приема антикоагулянтов после эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов в течение 4–35 дней после операции [7, 8].

В то же время, хорошо известные препараты ацетилсалициловой кислоты (аспирин) являются недорогими, универсальными и широко доступными антитромбоцитарными средствами. В клинических испытаниях и по результатам метаанализов данные препараты показали свою эффективность для профилактики венозной тромбоэмболии в послеоперационном периоде, но при этом количество прямых сравнительных исследований с антикоагулянтами недостаточно [6–8].

Группа ученых из 15 университетских клиник Канады еще в 2013 г. опубликовала результаты сравнительного рандомизированного исследования эффективности и безопасности использования на амбулаторном этапе низкомолекулярного гепарина (дальтепарин) и аспирина в качестве средства профилактики ВТЭО (при этом первые 10 дней после операции все 778 пациентов получали дальтепарин). Разница в частоте ВТЭО и кровотечений по отдельности не была статистически значимой, однако при сложении этих событий суммарный риск осложнений был несколько выше в группе пациентов, получавших дальтепарин (95% ДИ -0,3;3,8%;  $p = 0,091$ ) [9]. Позже в исследовании, посвященном сравнению эффективности аспирина и ривароксабана после эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов, эти же ученые провели анализ результатов лечения 3424 пациентов. В данном протоколе все больные после операции получали ривароксабан по 10 мг 1 раз в день в течение 5 суток, в последующем после рандомизации либо продолжали прием ривароксабана в той же дозировке, либо переходили на прием аспирина по 81 мг ежедневно. При этом пациенты после ТЭКС получали препарат второго этапа только 9 дней, в то время как пациенты после замещения тазобедренного сустава продолжали дополнительную профилак-

тику в течение 30 дней. Исследователи не нашли значимой разницы в возникновении ВТЭО и кровотечений между двумя группами: частота ВТЭО в группе ривароксабана была незначительно выше (0,70% против 0,64%), но при этом частота кровотечений оказалась выше в группе аспирина (большие кровотечения — 0,29% в группе ривароксабана против 0,47% при приеме аспирина, клинически значимые кровотечения 0,99% против 1,29%, соответственно) [7]. Интерес представляют также комментарии ортопедов из разных стран к этой публикации, в которых они указывают на необходимость продолжения подобных исследований с оценкой экономической эффективности приема аспирина в качестве средства профилактики ВТЭО.

Не менее интересны последние опубликованные данные по использованию механической профилактики ВТЭО. Так, в исследовании D. Arsoy с соавторами, опубликованном в 2018 г., сравнивались результаты применения низкомолекулярных гепаринов в сочетании со статической компрессией и использования аспирина с перемежающейся пневмокомпрессией [10]. Согласно полученным данным, частота кровотечений и повторных госпитализаций по поводу геморрагических и инфекционных осложнений у пациентов, перенесших ТЭКС, была выше в группе, получавшей низкомолекулярные гепарины и статическую компрессию, в то время как значимых различий в возникновении ВТЭО в двух группах не было.

Любопытные результаты были получены Н.У. Yhim с соавторами при изучении национальной медицинской базы данных Кореи за период 2009–2013 гг. Ими было проанализировано 306 912 случаев эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов. Частота назначения фармакологической профилактики составила только 57,16%, при этом наиболее популярными препаратами оказались низкомолекулярные гепарины и ривароксабан. Цель данного анализа состояла в оценке влияния использования фармакологической тромбопрофилактики на риск возникновения ВТЭО в течение трех месяцев после эндопротезирования. Были получены результаты, удивившие исследователей: частота возникновения ВТЭО была выше у пациентов, получавших любую фармакопрофилактику (включая аспирин, низкомолекулярные гепарины, прямые пероральные антикоагулянты), в сравнении с теми, кто не получал никакие препараты. Однако при более детальном изучении оказалось, что в группе пациентов, получавших ривароксабан, частота ВТЭО все-таки была минимальной, что авторы объясняют продленной тромбопрофилактикой на амбулаторном этапе в отличие от других препаратов [11].

Результаты исследования А.Р. Касимовой с соавторами о влиянии использования пневмо-

турникета при ТЭКС не дали ответа на вопрос о преимуществах того или иного хирургического подхода, что соответствует результатам известного метаанализа, проведенного I. Alcelik с соавторами в 2012 г. [12], который также упоминается в статье.

Утверждение о целесообразности отказа от рутинного использования дренирования послеоперационной раны было подтверждено как результатами проведенного исследования, так и упоминаемыми данными литературы.

Таким образом, проведенное одноцентровое исследование хоть и не имеет достаточного размера выборки для доказательства преимуществ того или иного способа профилактики ВТЭО, тем не менее является первым в нашей стране рандомизированным исследованием, сравнившим два наиболее популярных пероральных антикоагулянта, применяемых после ТЭКС, с ацетилсалициловой кислотой. В результате был получен схожий профиль эффективности и безопасности всех трех препаратов у пациентов, не имевших дополнительных факторов риска венозного тромбоза. Безусловно, для получения более убедительной информации требуется проведение дальнейших исследований, посвященных поиску ответа на этот вопрос, в рамках многоцентровых рандомизированных исследований. Однако полученные данные в сочетании с относительно низкой стоимостью и доступностью ацетилсалициловой кислоты должны быть учтены при пересмотре профессиональным сообществом травматологов-ортопедов рекомендаций по профилактике тромбоэмболических осложнений у пациентов без дополнительных факторов риска, подвергающихся плановому эндопротезированию крупных суставов.

### Литература [References]

- Liu J., Zhao J., Yan Y., Su J. Effectiveness and safety of rivaroxaban for the prevention of thrombosis following total hip or knee replacement: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(9):e14539. doi: 10.1097/MD.00000000000014539.
- Memtsoudis S.G., Pumberger M., Ma Y., Chiu Y.L., Fritsch G., Gerner P. et al. Epidemiology and risk factors for perioperative mortality after total hip and knee arthroplasty. *J Orthop Res*. 2012;30(11):1811-1821. doi: 10.1002/jor.22139.
- Kinov P., Tanchev P.P., Ellis M., Volpin G. Antithrombotic prophylaxis in major orthopaedic surgery: an historical overview and update of current recommendations. *Int Orthop*. 2014;38(1):169-175. doi: 10.1007/s00264-013-2134-8.
- Профилактика венозных тромбоэмболических осложнений в травматологии и ортопедии. Российские клинические рекомендации. *Травматология и ортопедия России*. 2012;1(приложение):2-24. [Prevention of venous thromboembolic complications in traumatology and orthopedics. Russian clinical guidelines]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;1(suppl):2-24. (in Russian).
- Markovic-Denic L., Zivkovic K., Lesic A., Bumbasirevic V., Dubljanin-Raspopovic E., Bumbasirevic M. Risk factors and distribution of symptomatic venous thromboembolism in total hip and knee replacements: prospective study. *Int Orthop*. 2012;36(6):1299-1305. doi: 10.1007/s00264-011-1466-5.
- Falck-Ytter Y., Francis C.W., Johanson N.A., Curley C., Dahl O.E., Schulman S. [et al.] Prevention of VTE in orthopedic surgery patients: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9<sup>th</sup> ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2012;141(2 Suppl):e278S-e325S. doi: 10.1378/chest.11-2404.
- Anderson D.R., Dunbar M., Murnaghan J., Kahn S.R., Gross P., Forsythe M. et al. Aspirin or Rivaroxaban for VTE Prophylaxis after Hip or Knee Arthroplasty. *N Engl J Med*. 2018;378(8):699-707. doi: 10.1056/NEJMoa1712746.
- Prevention of pulmonary embolism and deep vein thrombosis with low dose aspirin: Pulmonary Embolism Prevention (PEP) trial. *Lancet*. 2000;355(9212):1295-1302. doi: 10.1016/S0140-6736(00)02110-3.
- Anderson D.R., Dunbar M.J., Bohm E.R., Belzile E., Kahn S.R., Zukor D. et al. Aspirin versus low-molecular-weight heparin for extended venous thromboembolism prophylaxis after total hip arthroplasty: a randomized trial. *Ann Intern Med*. 2013;158(11):800-806. doi: 10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00004.
- Arsoy D., Giori N.J., Woolson S.T. Mobile Compression Reduces Bleeding-related Readmissions and Wound Complications After THA and TKA. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(2):381-387. doi: 10.1007/s11999.00000000000000041.
- Yhim H.Y., Lee J., Lee J.Y., Lee J.O., Bang S.M. Pharmacological thromboprophylaxis and its impact on venous thromboembolism following total knee and hip arthroplasty in Korea: A nationwide population-based study. *PLoS One*. 2017;12(5):e0178214. doi: 10.1371/journal.pone.0178214.
- Alcelik I., Pollock R.D., Sukeik M., Bettany-Saltikov J., Armstrong P.M., Fisser P. A comparison of outcomes with and without a tourniquet in total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Arthroplasty*. 2012;27(3):331-340. doi: 10.1016/j.arth.2011.04.046.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Белов Михаил Викторович — канд. мед. наук, заведующий отделением эндопротезирования, 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

### AUTHOR AFFILIATION:

Mikhail V. Belov — Cand. Sci. (Med.), Head of Department of Arthroplasty, Solovyev Clinical Hospital; Associate professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russian Federation

## Acute Correction of Congenital Brachymetatarsia in Adolescents and Young Adults

D. Keshet<sup>1</sup>, S. Salminen<sup>1,2</sup>, M. Eidelman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pediatric Orthopedics, Ruth Children's Hospital, Rambam Health Care Campus, Haifa, Israel

<sup>2</sup> Department of Pediatric Orthopaedics and Traumatology, University Clinic for Orthopedics and Rheumatology, University of Trondheim (NTNU), St. Olavs Hospital, Trondheim, Norway

### Abstract

**Introduction.** Brachymetatarsia is a relatively rare abnormal shortening of metatarsal bone with female predominance. No consensus exists about the ideal surgical treatment for this condition while the two common strategies are gradual lengthening using external fixation and acute one stage lengthening. We describe the surgical technique of acute lengthening using iliac bone graft and report our results. **Materials and Methods.** Twelve patients (11 females, one male) with 14 short metatarsals were treated in our hospital over a 12-year period. The mean age was 17.4 years (range 14-28 years). Treatment protocol included metatarsal osteotomy, lengthening of extensor tendon and percutaneous tenotomy of the flexor tendon at the level of affected MP joint. Autologous iliac bone graft was inserted after elongation of the metatarsal by distraction through the osteotomy site and fixed using Kirshner wire. **Results.** Average metatarsal shortening was 13mm (range, 11-18 mm). The metatarsal length gained was an average of 12mm (range, 11-15 mm). Uneventful bone union was achieved in all cases after six weeks. At the end of treatment, the normal cascade of the metatarsal heads (metatarsal parabola) had been restored in 11 of the 14 metatarsals treated. There were no wound complications or pin tract infections around the wire. All but one patient were satisfied with the cosmetic appearance of the foot. **Conclusion.** Based on our experience, acute metatarsal lengthening using an iliac autograft is a reliable and effective treatment method for congenital brachymetatarsia in adolescents and young adults.

**Level of Evidence:** Level IV Case series.

**Keywords:** deformity, brachymetatarsia, acute correction.

doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-84-89

## Одномоментная коррекция врожденной брахиметатарзии у подростков и пациентов молодого возраста

Д. Кешет<sup>1</sup>, С. Салминен<sup>1,2</sup>, М. Эйдельман<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Детское ортопедическое отделение, детская больница им. Рут Раппапорт, медицинский центр «Рамбам», Хайфа, Израиль

<sup>2</sup> Отделение детской ортопедии и травматологии, Университетская клиника ортопедии и ревматологии, Университет Тронхейма, больница Святого Олафа, Тронхейм, Норвегия

### Реферат

**Введение.** Брахиметатарзия является относительно редкой патологией аномального укорочения плюсневых костей, наиболее часто встречающейся у женщин. В настоящее время отсутствует консенсус в отношении идеального хирургического метода лечения данной деформации, и существуют две общепризнанные стратегии лечения: постепенное удлинение с использованием чрескостного остеосинтеза и одномоментное удлинение с применением аутотрансплантата. Авторы описывают хирургическую технику и приводят свои результаты выполнения одномоментной процедуры удлинения с использованием аутотрансплантата из гребня подвздошной кости. **Материал и методы.** За 12-летний период в клинике были прооперированы 12 пациентов (11 женщин, 1 мужчина) с укорочениями 14 плюсневых костей. Средний возраст пациентов — 17,4 лет (от 14 до 28 лет). Протокол лечения включал остеотомию плюсневых костей, удлинение сухожилия

**Cite as:** Keshet D., Salminen S., Eidelman M. [Acute Correction of Congenital Brachymetatarsia in Adolescents and Young Adults]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):84-89. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-84-89.

✉ Doron Keshet; e-mail: doron.keshet@gmail.com

Received: 19.07.2019. Accepted for publication: 27.08.2019.

разгибателя и чрезкожную тенотомию сухожилия сгибателя на уровне деформированного пястно-фалангового сустава. Аутотрансплантат из гребня подвздошной кости помещали в область остеотомии после distraction плюсневой кости и фиксировали спицами Киршнера. **Результаты.** Средняя величина укорочения плюсневых костей составляла 13 мм (в диапазоне от 11 до 18 мм). Средняя величина достигнутого удлинения составила 12 мм (в диапазоне от 11 до 15 мм). Костное сращение без осложнений у всех пациентов наблюдали через шесть недель. В результате лечения было восстановлено нормальное анатомическое соотношение головок плюсневых костей (плюсневая парабола) у 11 из 14 плюсневых костей. Авторы не наблюдали случаев осложнения заживления хирургической раны или инфекции в области введения спиц. За исключением одного все пациенты были удовлетворены эстетическим внешним видом стопы. **Заключение.** Исходя из опыта авторов, одноэтапное удлинение плюсневых костей с применением ауто-трансплантата из подвздошной кости является надежным и эффективным методом лечения врожденной брахиметатарзии у подростков и пациентов молодого возраста.

**Уровень доказательности:** IV, серия клинических наблюдений.

**Ключевые слова:** деформация, брахиметатарзия, одномоментная коррекция.

## Introduction

Brachymetatarsia is defined as a short metatarsal that ends more proximally to the parabolic arc of the metatarsal heads. It is a rare, female dominant disorder with an estimated incidence of 0.02-0.05% and a female to male ratio of up to 25:1 [1, 2]. The condition may be unilateral or bilateral and may involve one or more metatarsals.

Commonly, the mid metatarsals are affected, most frequently the fourth metatarsal [1-4]. The abnormally short ray is thought to be the result of retarded growth or premature closure of the epiphyseal plate. Although the exact etiology is not clear, congenital and acquired forms are recognized. The congenital form can be idiopathic, the most common form, or associated with other conditions, such as Turner's syndrome, Down's syndrome, sickle cell anemia or multiple epiphyseal dysplasia [2]. It may also be acquired as a result of trauma or surgery before epiphyseal closure [5]. In brachymetatarsia, the normal metatarsal parabola deforms and the toe of the involved metatarsal appears shorter (Fig. 1). This results in abnormal forefoot pressure distribution and accompanying transfer metatarsalgia, shoe irritation, callosities and cosmetic issues [6-8]. Brachymetatarsia and its accompanying complaints increase in severity until bone maturity is reached.

Conservative treatment with metatarsal pads, orthotics, toe splinting, and accommodative shoe wear is usually ineffective. Improvement of function and cosmetics can be achieved by surgery. Two principal treatment strategies are commonly applied, the first is acute lengthening using a graft (autograft or allograft) and the second is distraction osteogenesis with external fixation [1-5]. The purpose of surgical reconstruction is resolution of pain, proper forefoot alignment and function and improvement of cosmetic appearance [9, 10].

Each strategy has its benefits and drawbacks. Gradual lengthening with external fixation has been suggested for lengthening more than 1.5 cm. The pro-

cedure is done through an open osteotomy or percutaneously [5, 10-19]. There are a number of significant advantages described using callus distraction. Gradual correction allows unlimited length gain and reduces the risk of neurovascular structure stretching, it allows earlier weight bearing and it eliminates the need of autologous bone grafting and the accompanying donor site morbidity. The disadvantages of gradual correction include the risk of pin tract infection, adjacent joint stiffness, subluxation or axial deviation of the metatarsophalangeal joint, prolonged time to bone union, subsequent prolonged treatment course and the risk of premature callus consolidation. In addition, poor patient tolerance with external fixation devices contributes to lower satisfaction rates [10, 11, 13-18].

The advantage of one-stage lengthening is the shorter period to bone union and hence shorter treatment course. There is less morbidity and higher compliance with acute correction [10, 12, 20, 21]. Possible disadvantages include donor-site morbidity, neurovascular impairment including ischemia of the toe caused by rapid stretching, limited length gain (13-15 mm) and delayed or nonunion of the graft [1, 6, 7, 20, 21, 22, 23, 24].



**Fig. 1.** Clinical appearance of 4<sup>th</sup> toe brachmetatarsia

The purpose of this study was to describe the surgical technique of acute lengthening using iliac autograft and to evaluate our results.

### Materials and Methods

Twelve patients (11 female, one male) with 14 short metatarsals were treated in our hospital over a 12 year period. One of the patients had bilateral 4th metatarsal shortening and one patient had two metatarsal bones (3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup>) involved in the same foot. Mean age at surgery was 17.4 years (range, 14-28 years), and all patients had reached skeletal maturity by the time of treatment.

#### Surgical technique

Patients were placed in the supine position and a sterile tourniquet (Hemaclear, OHK, Israel) was applied. A straight dorsal approach was used to expose the base of the relevant metatarsal bone. In order to prevent stretching of adjacent soft tissues and to eliminate deforming factors, Z lengthening of the extensor tendon was performed followed by percutaneous flexor tenotomy at the metatarsophalangeal joint level (Fig. 2). The level of desired osteotomy was marked at the base of the metatarsal using fluoroscopy, and an oscillating saw was used to make a transverse osteotomy. The next step was insertion of a 1.6 mm Kirshner Wire (KW) (sharp-pointed at both ends) through the metatarsal shaft towards the center of the tip of the toe (Fig. 3) as preparation for bone graft insertion and fixation.

Gradual gentle distraction using a laminar spreader or a Hintermann retractor was used to elongate the bone through the osteotomy gap to a clinically and radiographically desired length (Fig. 4). At this stage the sterile tourniquet was removed for careful examination of the vascular status of the toes. We used a 3-cortical bone graft harvested from the iliac bone in the desired dimensions, followed by reshaping and resizing the graft to accommodate the width of the metatarsus bone and the desired length. After insertion of



Fig. 2. Z-lengthening of the 4<sup>th</sup> toe extensor tendon

the autograft, the KW was used to fixate the graft to the proximal metatarsal and, after fluoroscopic verification of the correct position in both planes, the wire was driven to the tarsal bone (Fig. 5). The extensor tendon was sutured in the desired length followed by wound closure.



Fig. 3. 1.6 mm Kirshner wire inserted through the metatarsal shaft toward the center of the tip of the toe



Fig. 4. Acute lengthening of the metatarsal through the osteotomy gap using a laminar spreader. Note the position of the retrograde Kirshner wire inserted in preparation for graft fixation



Fig. 5. 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> brachymetatarsia. Iliac crest bicortical autograft was harvested and reshaped to fit the desired length and width of the metatarsus. Autograft fixated with the Kirshner wire to the proximal metatarsus and tarsal bone

In several cases, additional extensor tendon release was required in adjacent toes as a result of cock-up deformities after elongation of the metatarsal. Our postoperative protocol included below knee cast application with no weight bearing for six weeks. After removal of the cast and the KW, partial gradual weight bearing was allowed.

### Results

All the cases of brachymetatarsia in this series were congenital and idiopathic. Average metatarsal shortening was 13 mm (range, 11-18 mm). Preoperative complaints were pain in 83% of the cases, difficulties with wearing shoes in 66% of cases, and concerns of

poor cosmetic appearance were reported by all patients treated (100%).

The metatarsal length gained was an average of 12mm (range, 11-15 mm). No stiffness or subluxation of the metatarsophalangeal joint was recorded and there were no reports of significant postoperative pain. Uneventful bone union was achieved in all cases after six weeks. At the end of treatment, the normal cascade of the metatarsal heads (metatarsal parabola) had been restored in 11 of the 14 metatarsals treated (Fig. 6, 7). There were no wound complications or pin tract infections around the wire, and no neurovascular impairment. All but one patient were satisfied with the cosmetic appearance of the foot (Fig. 8).

### Discussion

Brachymetatarsia is a relatively rare clinical entity of the foot that causes clinical disability and cosmetic discomfort for the patient and might pose a challenge for treatment. Although the patient may have complaints regarding pain and discomfort in the affected foot, the most common concern that urges the patient to seek a surgical solution is that of cosmetic appearance of the foot. The two surgical solutions that are most commonly used to treat this condition are acute lengthening using bone graft, and gradual, prolonged distraction based on stepwise lengthening with external fixation.



**Fig. 6.** Preoperative radiographs demonstrate the altered metatarsal parabola and typical shortening of the toe. Postoperative radiographs demonstrate good bone union of the graft with restored parabola and deformity correction



**Fig. 7.** Preoperative and intra-operative radiographs of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> toe brachymetatarsia



**Fig. 8.** Preoperative and postoperative clinical pictures of 4<sup>th</sup> toe brachymetatarsia

There are several inherent advantages and drawbacks described for each of the methods. The surgical solution should be chosen with respect to the specific patient's condition and expectations, including the age of the patient, the desired lengthening, the status of the soft tissues including adjacent joints of the foot, and the expected compliance with prolonged external fixation treatment. Careful patient selection and adjustment of treatment are prerequisites for success of treatment [25].

Since McGlamry and Cooper developed the technique of acute lengthening with bone graft, it has been shown in several studies that it can be safely used in metatarsals that need to be lengthened up to 15 mm [26]. The advantages of this method are mainly the short period of time needed for treatment and not requiring external fixation. The most significant drawbacks of acute correction are the limited length gain possible, the risk of neurovascular impairment, and donor site morbidity. Gradual correction using the principles of distraction osteogenesis can be safely used for metatarsals that need to be lengthened more than 15 mm. This method allows early weight bearing and no donor site morbidity. Drawbacks include possible pin tract infection, stiffness and instability of adjacent joints. Both methods have been evaluated and reported in several studies [1, 2, 5, 15, 17, 20, 21, 22, 27, 28].

A comparison between both surgical methods was made by Choi et al who treated 15 metatarsals by acute elongation with an autologous graft and 9 metatarsals by gradual lengthening with callotasis. Results were comparable in terms of functional outcome, cosmetic appearance and satisfaction rate. The only statistical difference noted was the time needed for bone consolidation, which was shorter in the acute lengthening group [27].

Jones et al performed a comprehensive review of all published data concerning the results of acute lengthening with a bone graft versus gradual distraction. These authors included 761 short metatarsals in 61 different studies in the review, and surgical methods were compared in regard to demographics, surgical results and complication rates. In regards to length gain, it was clearly shown that metatarsals were lengthened more with gradual distraction compared to acute lengthening (17.5 mm and 13.3 mm, respectively) with higher percentages of metatarsal lengthening (37.36% and 25.98%, respectively). According to this review, gradual distraction took almost twice the time needed for healing, partially due to more extensive lengthening. It was clearly shown that major and minor complication rates were higher among patients undergoing callus distraction, most commonly stiffness at the MTP joint and subluxation of the treated metatarsal. Interestingly, neurovascular compromise which is commonly discussed as a major risk in acute

lengthening was not mentioned in the studies reviewed by these authors [28].

In their series of 34 metatarsal undergoing acute lengthening with an autograft, Baek et al used deliberate gradual distraction through the osteotomy site for 20-30 minutes to avoid neurovascular compromise [20]. We believe that careful, monitored distraction during acute lengthening, with careful inspection of toe viability and color, as in our study, is safe as long as the metatarsal is not over-lengthened. Furthermore, we performed Z lengthening of the extensor tendon and flexor tenotomy in all cases, which further reduces soft tissue tensioning and the subsequent risk of neurovascular impairment and stiffness.

Giannini et al used an allograft for one stage lengthening and reported good results of 50 short metatarsals treated, with a mean lengthening of 13mm and no incidence of soft tissue stretching or neurovascular impairment. The authors postulated that lengthening should not be more than 23% of the metatarsal length. Despite the fact that in some cases the metatarsal parabola was not perfectly restored, the majority of patients were satisfied with the results. These authors allowed all patients to bear weight on their hindfoot immediately after surgery with a special shoe [2]. In the current study, we used an iliac autograft and achieved similar gain of length (average 12mm). We had no incidence of complication in regard to the donor site, and very minimal morbidity. Our post-operative protocol differed by casting all treated feet and not allowing weight bearing for six weeks, assuming that it would be safer for graft position and bone healing.

In conclusion, based on our experience, acute metatarsal lengthening using an iliac autograft is a reliable and effective treatment method for congenital brachymetatarsia in adolescents and young adults. We believe that it has less complications and a shorter healing time compared to gradual correction. Even in the cases in which the metatarsal parabola was not perfectly restored, good functional and cosmetic results were achieved.

#### Publication ethics

*Disclosure of potential conflicts of interest:* Doron Keshet, Sari Salminen and Mark Eidelman declare that they have no conflict of interest.

*Funding:* This study was not funded in any form.

*Ethical approval:* All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

*Informed consent:* Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

## References

- Wada A., Bensahel H., Takamura K., Fukii T., Yanagida H., Nakamura T. Metatarsal lengthening by callus distraction for brachymetatarsia. *J Pediatr Orthop B*. 2004;13(3):206-210.
- Giannini S., Faldini C., Pagkrati S., Miscione M.T., Luciani D. One-stage metatarsal lengthening by allograft interposition: a novel approach for congenital brachymetatarsia. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(7):1933-1942. doi: 10.1007/s11999-009-1212-0.
- Urano Y., Kobayashi A. Bone-lengthening for shortness of the fourth toe. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60(1):91-93.
- Mah K.K., Beegle T.R., Falknor D.W. A correction for short fourth metatarsal. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1983;73(4):196-200. doi: 10.7547/87507315-73-4-196.
- Shim J.S., Park S.J. Treatment of brachymetatarsia by distraction osteogenesis. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(2):250-254. doi: 10.1097/01.bpo.0000214922.18186.06.
- Davidson R.S. Metatarsal lengthening. *Foot Ankle Clin*. 2001;6(3):499-518.
- Kim J.S., Baek G.H., Chung M.S., Yoon P.W. Multiple congenital brachymetatarsia. A one-stage combined shortening and lengthening procedure without iliac bone graft. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(7):1013-1015.
- Takakura Y., Tanaka Y., Fujii T., Tamai S. Lengthening of short great toes by callus distraction. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79(6):955-958.
- Fox I.M. Treatment of brachymetatarsia by the callus distraction method. *J Foot Surg*. 1998;37(5):391-395.
- Scher D.M., Blyakher A., Krantzow M. A modified surgical technique for lengthening of a metatarsal using an external fixator. *HSSJ*. 2010;6(2):235-239. doi: 10.1007/s11420-010-9160-5.
- Magnan B., Bragantini A., Regis D., Bartolozzi P. Metatarsal lengthening by callotaxis during the growth phase. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77(4):602-607.
- Robinson J.F., Ouzounian T.J. Brachymetatarsia: congenitally short third and fourth metatarsals treated by distraction lengthening -- a case report and literature summary. *Foot Ankle Int*. 1998;19(10):713-718. doi: 10.1177/107110079801901012.
- Lamm B.M. Percutaneous distraction osteogenesis for treatment of brachymetatarsia. *J Foot Ankle Surg*. 2010;49(2):197-204. doi: 10.1053/j.jfas.2009.09.005.
- Upton J., Khouri R., Ramos D., Micheli L. Distraction lengthening for the congenitally short metatarsal: a case report. *Foot Ankle*. 1989;10(3):184-187.
- Song H.R., Oh C.W., Kyung H.S., Kim S.J., Guille J.T., Lee S.M., Kim P.T. Fourth brachymetatarsia treated with distraction osteogenesis. *Foot Ankle Int*. 2003;24(9):706-711. doi: 10.1177/107110070302400910.
- Yamada N., Yasuda Y., Hashimoto N., Iwashiro H., Uchinuma E. Use of internal callus distraction in the treatment of congenital brachymetatarsia. *Br J Plastic Surg*. 2005;58(7):1014-1019. doi: 10.1016/j.bjps.2005.04.042.
- Lee K.B., Park H.W., Chung J.Y., Moon E.S., Jung S.T., Seon J.K. Comparison of the outcomes of distraction osteogenesis for the first and fourth brachymetatarsia. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(16):2709-2018. doi: 10.2106/1BJS.1.00338.
- Wakisaka T., Yasui N., Kojimoto H., Takasu M., Shimomura Y. A case of short metatarsal bones lengthened by callus distraction. *Acta Orthop Scand*. 1988;59(2):194-196.
- Saxby T., Nunley J.A. Metatarsal lengthening by distraction osteogenesis: a report of two cases. *Foot Ankle*. 1992;13(9):536-539.
- Baek G.H., Chung M.S. The treatment of congenital brachymetatarsia by one-stage lengthening. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(6):1040-1044.
- Kim H.T., Lee S.H., Yoo C.I., Kang J.H., Suh J.T. The management of brachymetatarsia. *J Bone Joint Surg Br*. 2003;85(5):683-690.
- Levine S.E., Davidson R.S., Dormans J.P., Drummond D.S. Distraction osteogenesis for congenitally short lesser metatarsals. *Foot Ankle Int*. 1995;16(4):196-200. doi: 10.1177/107110079501600405.
- Blankenhorn B.D., Kerner P.J., DiGiovanni C.W. Clinical tip: one-stage lengthening of fourth brachymetatarsia using fibular autograft. *Foot Ankle Int*. 2010;31(2):175-178. doi: 10.3113/FAI.2010.0174.
- Alter S.A., Feinman B., Rosen R.G. Chevron bone graft procedure for the correction of brachymetatarsia. *J Foot Ankle Surg*. 1995;34(2):200-205. doi: 10.1016/S1067-2516(09)80045-8.
- Schimizzi A., Brage M. Brachymetatarsia. *Foot Ankle Clin North Am*. 2004;9(3):555-570. doi: 10.1016/j.fcl.2004.05.002.
- McGlamry E.D., Cooper C.T. Brachymetatarsia: a surgical treatment. *J Am Podiatry Assoc*. 1969;59(7):259-264. doi: 10.7547/87507315-59-7-259.
- Choi H.I., Chung M.S., Baek G.H., Cho T.J., Chung C.T. Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callotaxis. *J Pediatr Orthop*. 1999;19(5):660-664.
- Jones M.D., Pinegar D.M., Rincker S.A. Callus distraction versus single-stage lengthening with bone graft for treatment of brachymetatarsia: a systematic review. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(5):927-931. doi: 10.1053/j.jfas.2015.02.013.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Дорон Кешет* — д-р медицины, детское ортопедическое отделение, детская больница им. Рут Раппапорт при медицинском центре «Рамбам», Хайфа, Израиль

*Сари Салминен* — д-р медицины, детское ортопедическое отделение, детская больница им. Рут Раппапорт при медицинском центре «Рамбам», Хайфа, Израиль; отделение детской ортопедии и травматологии, Университетская клиника ортопедии и ревматологии, Университет Тронхейма, больница Святого Олафа, Тронхейм, Норвегия

*Марк Эйдельман* — д-р медицины, руководитель детского ортопедического отделения, детская больница им. Рут Раппапорт при медицинском центре «Рамбам», Хайфа, Израиль

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Doron Keshet* — MD, Pediatric Orthopedics, Ruth Children's Hospital, Rambam Health Care Campus, Haifa, Israel

*Sari Salminen* — MD, PhD, Pediatric Orthopedics, Ruth Children's Hospital, Rambam Health Care Campus, Haifa, Israel; Department of Pediatric Orthopaedics and Traumatology, University Clinic for Orthopaedics and Rheumatology, University of Trondheim (NTNU), St. Olavs Hospital, Trondheim, Norway

*Mark Eidelman* — MD, Pediatric Orthopedics, Ruth Children's Hospital, Rambam Health Care Campus, Haifa, Israel

## Объективные признаки деформаций стоп у детей со спастическими формами детского церебрального паралича: обоснование индивидуального подхода к обеспечению обувью

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.** У детей с детским церебральным параличом наиболее частой патологией опорно-двигательного аппарата являются деформации стопы. При этом многие из детей с данной патологией пользуются типовой обувью, не учитывающей индивидуальные особенности стопы. **Цель** — обоснование целесообразности индивидуального подхода к ортопедическому обеспечению детей с детским церебральным параличом. **Материал и методы.** Обследовано 220 стоп у 110 человек в возрасте 3–18 лет: 62 пациента со спастическими формами детского церебрального паралича и 48 детей, обследованных во время профилактических осмотров в общеобразовательных учреждениях (контрольная группа). Обследования проведены методами клинического осмотра, компьютерной оптической плантографии и подометрии планшетным сканированием стоп (снизу, сзади, медиально) в позе стоя. **Результаты.** Выявлены статистически значимые различия по 8 показателям деформации стопы в трех плоскостях у детей с детским церебральным параличом по сравнению с нормой, а также различия между группами пациентов с разной степенью нарушения глобальных моторных функций (Gross Motor Functions). Установлено патологическое изменение формы стопы у детей с детским церебральным параличом; статистически значимое различие типов и степеней этих нарушений для групп пациентов с разными уровнями нарушения Gross Motor Functions; выраженная индивидуальность деформации стоп в пределах каждой из этих групп. **Заключение.** Объективно инструментальным методом определено, что основными компонентами деформации стоп у пациентов с детским церебральным параличом с сохранением и реализацией возможности ходьбы являются: снижение высоты продольных сводов, пронация среднего отдела и вальгус заднего отдела стопы, вальгусная деформация первого пальца стопы. Увеличение высоты продольных сводов (полая стопа), супинация среднего отдела и варус заднего отдела стопы являются более редкими компонентами деформаций стоп и чаще встречаются у пациентов с более тяжелыми формами заболевания. Сильный разброс значений параметров формы стопы, выявленный внутри разных групп нарушений моторных функций, указывает на целесообразность применения индивидуального подхода к назначению обуви: типовой, малосложной или сложной ортопедической. Для реализации применения полученных данных в клинической практике целесообразно проведение дополнительного комплекса биомеханических исследований, направленных на разработку критериев назначения и оценки эффективности разных типов обуви не только с учетом анатомических особенностей стопы, но и ее статодинамической функции, а также уровня глобальных моторных функций пациента.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, спастичность, деформация стоп, плантография, подометрия, ортопедическое обеспечение.

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. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-90-99.

**Cite as:** Smirnova L.M., Dzhomardly E.I., Koltsov A.A. [Objective Signs of Foot Deformities in Children with Spastic Form 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.

Кольцов Андрей Анатольевич / Andrey A. Koltsov; e-mail: katandr2007@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 17.01.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 27.06.2019.

## Objective Signs of Foot Deformities in Children with Spastic Form of Cerebral Paralysis: Justification of Individual Approach to Footwear Support

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

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

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" of V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Relevance.** Foot deformities are the most common locomotor pathology in children with infantile cerebral paralysis. At the same time many children suffering from this pathology wear standard shoes that do not take into account the individual foot anatomy. **Purpose of the study** — to justify the expediency of individual approach to orthopaedic support for children with infantile cerebral paralysis. **Materials and methods.** The authors examined 220 feet in 110 patients aging from 3 to 18 years: 62 patients with spastic form of infantile cerebral paralysis and 48 children who were examined during periodic screening at general education institutions (control group). Clinical examination methods, computerized plantography and podometry by flatbed foot scanning (ventrally, posteriorly, medially) in standing position were used in the present study. Results. Statistically significant variances ( $p^* < 0.005$ ) were obtained for 8 indicators of foot deformity in three planes in children with infantile cerebral paralysis as compared to the norm, as well as differences between the groups of patients with varying degree of disorders in gross motor functions. The authors established pathological foot deformities in children with infantile cerebral paralysis; statistically significant variances in types and degrees of these disorders for patient groups with different levels of gross motor functions disorders; distinctiveness of foot deformities within each of the groups. **Conclusion.** Objectively instrumental method was used to identify the main components of foot deformities in patients with infantile cerebral paralysis with preservation and realization of walking capability: loss of height of longitudinal arches, midfoot pronation and hindfoot valgus, hallux valgus. Increased elevation of longitudinal arches (cavus foot), midfoot supination and hindfoot varus are rarer components of deformities occurring more often in patients with severer forms of the pathology. Strong variation in the spread of foot anatomy parameters observed within different groups of motor dysfunctions indicates the expediency of individual approach to footwear recommendations: standard, less or more complex orthopaedic shoes. Implementation of obtained data into the clinical practice requires additional series of biomechanical trials aimed at elaboration of criteria for recommendations and efficiency evaluation of various footwear types that take into account not only specifics of foot anatomy but also its statodynamic function as well as the level of gross motor functions of a particular patient.

**Keywords:** infantile cerebral paralysis, spasticity, foot deformity, plantography, podometry, orthopaedic support.

### Введение

По последним данным мировой литературы, распространенность детского церебрального паралича (ДЦП) составляет до 3,3 на 1000 живорожденных детей [1–7], в настоящее время число таких пациентов продолжает расти [6, 8–10]. Доля спастических форм ДЦП, которые характеризуются ранним проявлением патологических установок и деформаций, составляет не менее 80% от всех форм заболевания [11–13]. Наиболее частой патологией опорно-двигательного аппарата является деформация стоп [4, 14–19]. При этом имеются результаты клинических исследований, указывающие на связь выраженности деформации стопы с тяжестью нарушений опорно-двигательной функции при данном заболевании [20–22].

Родители детей с ДЦП хорошо понимают необходимость использования ортопедической обуви при данной патологии ввиду наглядности результата — улучшения опоры и передвижения ребенка. В то же время, как следует из результатов опроса родителей, многие, если не большинство детей с ДЦП, пользуются не индивидуальной ортопедической обувью, изготовленной на заказ с учетом особенностей формы деформированной стопы, а купленной в ортопедическом салоне или обычном магазине и при этом именуемой ортопедической.

В связи с такой ситуацией мы провели исследование для объективного подтверждения представлений о том, что деформации стоп при спастических формах ДЦП значительно различаются как

по типу, так и по тяжести нарушений и, следовательно, в ортопедическом обеспечении таких пациентов должен превалировать индивидуальный подход.

**Цель исследования** — обоснование целесообразности индивидуального подхода к ортопедическому обеспечению детей с ДЦП.

### Материал и методы

**Дизайн исследования:** обсервационное одномоментное исследование «случай-контроль».

**Пациенты.** Методом компьютерной планто-подографии обследованы 220 стоп у 110 человек в возрасте 3–18 лет (61 женского пола и 49 — мужского). Пациенты были разделены на две группы. Одну группу составили 62 пациента с ДЦП (31 женского пола и 31 — мужского), которые проходили реабилитацию в ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта (группа ДЦП). Во вторую группу вошли 48 детей, обследованных во время профилактических осмотров в общеобразовательных учреждениях (контрольная группа).

**Критерии включения в группу ДЦП:** наличие подтвержденного диагноза «ДЦП, спастическая диплегия» либо «ДЦП, спастический тетрапарез»; возраст от 3 до 17 лет включительно.

**Критерии исключения:** отсутствие возможности принятия позы стоя босиком (без ортезов, аппаратов, обуви) даже с использованием средств дополнительной опоры (костылей, тростей, ходунков) или с поддержкой со стороны других лиц; неспособность сохранения в этих условиях стабильности позы стоя в течение 5 сек.; тяжелое когнитивное нарушение или эмоциональное состояние обследуемого, не позволяющее добиться контакта с ним для проведения биомеханического обследования; хирургическое лечение стопы в анамнезе; наличие в анамнезе нейрохирургического лечения, направленного на изменение спастичности; ботулинотерапия менее чем за 6 мес. до обследования.

**Техника обследования.** Все обследования проводились методами клинического осмотра и компьютерной оптической планшетной трехкоординатной планто-подографии на программно-аппаратном комплексе «Скан» (регистрационное удостоверение Росздравнадзора №ФСР 2010/07441). Принципы проведения обследования на диагностическом комплексе изложены в опубликованной ранее статье [23].

Плантограммы и изображения стоп снизу, с медиальной стороны и сзади получали методом сканирования стоп под нагрузкой от веса тела пациента в позе стоя. Для обработки и расчета данных использовалось программное обеспечение «ДиаСкан» (версия 5.0.162), входящее в состав комплекса «Скан».

### Статистический анализ

Статистический анализ данных проводился с использованием пакета статистического анализа SPSS 13.0 for Widows. Применялись описательная статистика, непараметрические критерии Краскела–Уоллиса, Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка с критическим уровнем значимости  $p = 0,05$ , тест Манна–Уитни с критическим уровнем значимости  $p^* = 0,0051$ , рассчитанным в соответствии с количеством производимых сравнений групп переменных.

### Результаты

В результате компьютерного планто-подографического обследования 220 стоп была сформирована база данных из 660 планто-подографических электронных изображений: 220 в сагиттальной плоскости — вид с медиальной стороны, 220 во фронтальной — вид сзади, 220 в горизонтальной — вид плантарной поверхности стопы снизу под нагрузкой от веса тела.

При статистическом анализе данных в качестве независимых переменных были приняты возраст на момент обследования (переменная «Age») и тяжесть заболевания по системе классификации крупных моторных функций — Gross Motor Functions Classification System (GMFCS) (переменная «GMFCS») [24].

При плантографической оценке плоскостопия у детей и подростков принято различать следующие возрастные группы: до 4 лет, 5–7 лет, 8–18 лет, старше 18 лет. Наблюдалось следующее распределение обследованных по этим возрастным группам:

0–4 года — 8 пациентов группы ДЦП и 10 человек контрольной группы;

5–7 лет — 20 в группе ДЦП и 19 — в контрольной группе;

8–18 лет — 34 пациента с ДЦП и 19 — в контрольной группе.

Все обследованные были ранжированы по тяжести заболевания на 4 группы: 0 — отсутствие заболевания, т.е. контрольная группа; 1, 2, 3, 4 — тяжесть проявлений ДЦП по GMFCS от первой до четвертой группы соответственно. Анализ распределения обследованных пациентов по тяжести заболевания по классификации GMFCS показал следующие результаты: группа GMFCS 1 — 9; GMFCS 2 — 16; GMFCS 3 — 20; GMFCS 4 — 17 человек.

В качестве зависимых были приняты 9 переменных, характеризующих форму стопы в трех плоскостях.

В горизонтальной плоскости (плоскости опоры) определяли следующие параметры:

$\alpha_1$  (°) — угол Шопарова сустава, характеризующий вальгусное/варусное положение среднего отдела стопы. Этот угол образован двумя прямыми

линиями, исходящими из точки, расположенной на наружном (латеральном) крае отпечатка стопы на границе ее задней и средней третей (0,36 длины стопы от пятки), причем одна из линий проходит через наиболее выступающую наружу точку пучков стопы (на линии центров головок плюсневых костей), а другая линия является касательной к наружному краю контура пяточного отдела стоп;

$\alpha 2$  (°) — угол вальгусного отклонения (отведения) первого пальца, образованный внутренней касательной к отпечатку стопы и касательной к отпечатку первого пальца;

$k1$  — коэффициент переднего отдела стопы, характеризующий приведение или отведение переднего отдела стопы (отношение ширины внутренней части линии пучков к наружной, разделяемых продольной осью стопы);

$k2$  — коэффициент распластанности переднего отдела стопы (отношение ширины стопы в пучках к длине стопы);

$k3$  — линейный показатель высоты свода, который определяли по смещению границы «зоны анемии» в среднем отделе стопы в направлении от латерального края отпечатка подошвенной поверхности стопы к медиальному. Увеличение смещения указанной зоны соответствует снижению высоты продольного свода;

$S$  (%) — относительная площадь опоры (отношение площади плантарного отпечатка к площади плантарной поверхности, т.е. площади внутри контура стопы).

В сагиттальной плоскости определяли следующие параметры:

$p_h$  (%) — подометрический индекс (отношение высоты бугристости ладьевидной кости к длине стопы, умноженное на 100%);

$h$  (%) — индекс высоты внутреннего продольного свода (расстояние от плоскости опоры до наиболее высокой точки видимой дуги внутреннего продольного свода, деленное на длину стопы, умноженное на 100%).

Во фронтальной плоскости измеряли только показатель  $b$  — фронтальный угол отклонения оси пятки от вертикали («+» — отклонение на вальгус, «-» — на варус).

По данным, представленным в таблице 1, видно, что лишь для переменной  $h$  (индекс высоты внутреннего продольного свода) выявлено соответствие закону нормального распределения, причем только по тесту Колмогорова–Смирнова ( $p = 0,067$ ). Поэтому для выявления зависимости между группами GMFCS и формой стопы далее был применен непараметрический критерий Краскела–Уоллиса (табл. 2).

Так как результаты теста Краскела–Уоллиса, представленные в таблице 2, показали статистически значимые различия между разными группами GMFCS по всем параметрам формы стопы, было принято решение о целесообразности проведения дальнейших апостериорных сравнений этих групп при помощи критерия Манна–Уитни (табл. 3).

Таблица 1

**Результаты проверки распределения переменных с помощью статистических критериев**

Переменная	Уровень значимости $p$	
	тест Колмогорова–Смирнова	тест Шапиро–Уилка
$\alpha 1$	<0,001	<0,001
$\alpha 2$	<0,001	<0,001
$k1$	<0,001	<0,001
$k2$	<0,001	0,006
$k3$	<0,001	<0,001
$S$	<0,001	<0,001
$p_h$	0,008	<0,001
$h$	0,067	0,001
$b$	<0,001	<0,001

Таблица 2

Результаты анализа групповых различий критерием Краскела – Уоллиса с группирующей переменной GMFCS в программе SPSS 13.0 for Windows

Показатель	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$k 1$	$k 2$	$k 3$	$S$	$p_h$	$h$	$b$
$\chi^2$ (хи-квадрат)	28,151	53,431	16,752	33,340	31,346	39,519	72,275	82,999	52,150
Degress of freedom (число степеней свободы)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Asymp. Sig. (уровень статистической значимости)	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Таблица 3

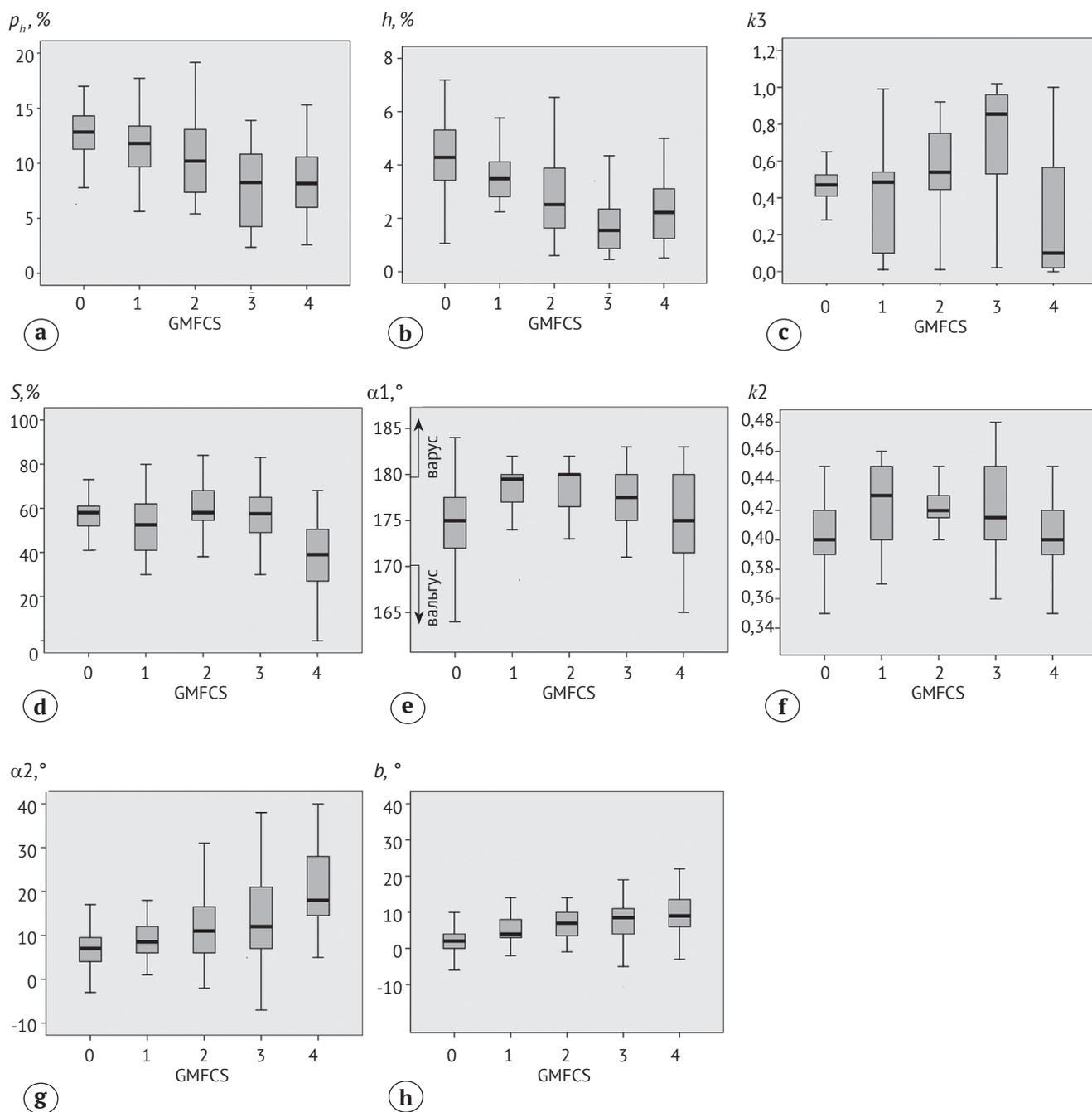
Результаты сравнения критерием Манна – Уитни групп с различным уровнем нарушений по GMFCS

Сравниваемые группы	Уровень статистической значимости (2-сторонняя) различий для исследуемых переменных								
	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$k 1$	$k 2$	$k 3$	$S$	$p_h$	$h$	$b$
0 и 1	<b>0,0002</b>	0,1220	0,1173	<b>0,0019</b>	0,9411	0,0892	0,1069	0,0078	0,0164
0 и 2	<b>0,0001</b>	<b>0,0015</b>	0,0732	<b>&lt;0,0001</b>	0,0072	0,3268	<b>0,0004</b>	<b>0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
0 и 3	<b>0,0003</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,0086	<b>0,0018</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,9543	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
0 и 4	0,2880	<b>&lt;0,0001</b>	0,0058	0,1723	0,0151	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
1 и 2	0,5662	0,2058	0,0217	0,9346	0,1171	0,0785	0,1985	0,0811	0,0903
1 и 3	0,3192	0,0226	0,0093	0,4168	<b>0,0050</b>	0,2259	<b>0,0003</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,0432
1 и 4	0,0815	<b>0,0001</b>	0,0093	0,1109	0,2620	0,0077	<b>0,0028</b>	<b>0,0021</b>	0,0357
2 и 3	0,6044	0,4077	0,9097	0,0757	0,0153	0,4784	0,0081	<b>0,0018</b>	0,6208
2 и 4	0,0679	0,0263	0,5330	0,0075	0,0111	<b>&lt;0,0001</b>	0,0548	0,2775	0,4592
3 и 4	0,1191	0,1126	0,4118	0,2411	<b>0,0003</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,6270	0,0430	0,6335

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

Чтобы избежать проблемы множественных сравнений и не принять решение о наличии различий там, где их на самом деле нет, вместо уровня значимости  $p = 0,05$  был рассчитан новый критический уровень значимости  $p^*$  с учетом производимых сравнений:  $p^* = 1 - 0,95^{1/n} = 0,0051$ , где  $n$  – количество производимых сравнений, т. е. 5.

Для более подробного описания данных мы использовали анализ не только уровней значимости групповых различий, но и квартильных диаграмм (рис.) и медианных значений переменных одних и тех же параметров формы стопы для разных групп GMFCS (табл. 4).



**Рис.** Квартильные диаграммы переменных для оценки формы стопы детей контрольной группы (0) и пациентов группы с ДЦП при 1–4 степенях нарушения моторных функций по GMFCS: а – подометрический индекс ( $p_h$ ); б – индекс высоты внутреннего продольного свода ( $h$ ); в – линейный показатель высоты свода ( $k3$ ); д – относительная площадь опоры стопы ( $S$ ); е – угол Шопарова сустава ( $\alpha1$ ), ф – коэффициент расплатанности переднего отдела стопы ( $k2$ ); г – угол вальгусного отклонения первого пальца ( $\alpha2$ ); ж – фронтальный угол отклонения оси пятки от вертикали ( $b$ ). Жирная линия – медиана; нижняя и верхняя границы бокса – 25-й и 75-й проценти, концы усов – 10-й и 90-й проценти

**Fig.** Quartile charts of variables for assessment of foot anatomy in children from control group (0) and patients with ICP and 1-4 levels of motor dysfunction according to GMFCS: а – podometry index ( $p_h$ ); б – index of medial longitudinal arch height ( $h$ ); в – linear parameter of arch height ( $k3$ ); д – relative bearing square of the foot ( $S$ ), е – Chopart joint angle ( $\alpha1$ ); ф – flattening coefficient of forefoot ( $k2$ ); г – hallux valgus angle ( $\alpha2$ ); ж – frontal angle of heel axis deviation from vertical ( $b$ ). Bold line – median; lower and upper borders of the box – 25% and 75% percentiles, whiskers ends – 10th and 90th percentiles

Таблица 4  
**Медианы исследованных переменных  
 для разных групп нарушений по GMFCS**

Переменные	Группы по GMFCS				
	0	1	2	3	4
$p_h$ , %	12,8	11,8	10,2	8,3	8,2
$h$ , %	4,3	3,5	2,5	1,6	2,2
$k3$	0,47	0,49	0,54	0,86	0,1
$S$ , %	58	53	58	58	39
$\alpha 1$ , °	175	180	180	178	175
$k2$	0,4	0,43	0,42	0,42	0,4
$\alpha 2$ , °	7	9	11	12	18
$b$ , °	2	4	7	9	9

### Обсуждение

В мировой литературе представлены результаты клинических исследований, указывающие на связь между выраженностью деформации стопы и тяжестью нарушений опорно-двигательной функции у пациентов с ДЦП, причины и механизмы формирования таких деформаций, методы их коррекции, основные компоненты деформации. Однако мы не обнаружили публикаций, посвященных изучению вариабельности анатомических особенностей стоп в зависимости от уровня глобальных моторных функций у детей с этим заболеванием с применением детального статистического анализа. В связи с этим полученные нами результаты, на наш взгляд, содержат новую информацию, углубляющую современные представления о вариантах и степени деформаций стоп у детей со спастическими формами ДЦП.

В нашем исследовании у пациентов с первым уровнем нарушений глобальной моторной функции по GMFCS по сравнению с контрольной группой выявлено статистически значимое отклонение формы стопы лишь по двум переменным: углу Шопарова сустава ( $\alpha 1$ ) и коэффициенту распластанности переднего отдела стопы ( $k2$ ) (см. табл. 3). Полученные нами результаты несколько отличаются от данных J. Wen с соавторами, описывающих в своей работе признаки продольного плоскостопия у детей групп GMFCS 1 и 2 [19], тогда как мы видим преобладание распластанности переднего отдела стоп.

У пациентов со вторым уровнем нарушения глобальных моторных функций значимое отклонение от контрольной группы было определено еще по четырем переменным:  $\alpha 2$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $p_h$ , т. е. характерными компонентами деформации стоп

у них являлись увеличение вальгусного отклонения первого пальца и заднего отдела стопы, снижение высоты внутреннего продольного свода, пронация среднего отдела стопы. Таким образом, наблюдения показали, что с увеличением выраженности нарушений общих моторных функций у детей с ДЦП отмечается нарастание тяжести деформации стоп за счет появления новых компонентов деформации.

Полученные результаты не противоречат данным литературы, согласно которым плано-вальгусная деформация стопы является наиболее частой ортопедической патологией у детей с ДЦП [25–27], но дополняют их статистически значимой информацией о выраженности каждого из компонентов деформации и их зависимости от уровня двигательной активности пациента. Кроме того, у больных группы GMFCS 2 выявлена тенденция к увеличению вальгусного отклонения первого пальца. Несмотря на то, что в литературе данная патология освещена достаточно хорошо, основная масса работ посвящена возможностям ее лечения, и единственным близким по тематике исследованием является работа S. van de Velde с соавторами, в которой описано состояние стоп у 21 подростка с ДЦП. Согласно этой работе, вальгусное отклонение первого пальца наиболее часто встречалось у пациентов с уровнем двигательной активности GMFCS 2 и 3 (48 и 33% соответственно) [28]. В отличие от этого, по нашим данным, вальгусное отклонение первого пальца встречалось у пациентов во всех исследуемых группах с отчетливой тенденцией к увеличению выраженности деформации по мере снижения двигательной активности ребенка, достигая максимума к 4-й группе. При этом следует отметить, что для группы 2 значение угла Шопарова сустава  $\alpha 1$  осталось таким же, как для группы 1, а значение коэффициента распластанности переднего отдела стопы  $k2$  даже приблизилось к показателям контрольной группы по сравнению с группой 1.

В группе 3 дополнительно к уже отмеченным для групп 1 и 2 значимым переменным  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $k2$ ,  $p_h$ ,  $h$ ,  $b$  добавилась еще переменная  $k3$  — показатель высоты свода, при этом значение угла Шопарова сустава  $\alpha 1$  не выходило за пределы нормы. Коэффициент распластанности переднего отдела стопы  $k2$  не изменился по отношению к значению в группе 2, однако сохранялась тенденция увеличения угла вальгусного отклонения первого пальца  $\alpha 2$ , что косвенно указывало на нарастание перегрузки переднего отдела стопы. Мы считаем, что у пациентов с третьим уровнем глобальной двигательной активности по GMFCS перегрузка среднего и переднего отделов стоп наиболее выражена по совокупности нескольких причин: с одной стороны — способности к опоре и передвижению,

пусть и с поддержкой, а с другой стороны — значительно более выраженной, по сравнению с первой и второй группами, тяжестью неврологических нарушений: в частности, большей степенью выраженности спастичности и общих двигательных нарушений (патологических установок и деформации проксимально расположенных сегментов нижних конечностей и других отделов тела, нарушения координации), что в итоге приводит к формированию более значимой недостаточности функции мышечно-связочного аппарата. В связи с этим у пациентов группы 3 еще более характерным, чем в предыдущих группах, было вальгусное отклонения пятки и снижение высоты внутреннего продольного свода.

Таким образом, результаты анализа групповых различий переменных указывают на большее количество компонентов деформации стопы у пациентов с более тяжелыми нарушениям двигательной функции по классификации GMFCS, более выраженное вальгусное отклонение первого пальца и пятки, снижение продольных сводов стопы. Исключением является лишь группа 4: в ней по сравнению с контрольной группой было выявлено значимое отличие не по шести переменным, как для группы 3, а только по пяти:  $\alpha_2$ ,  $S$ ,  $p_h$ ,  $h$ ,  $b$ .

Также обращает на себя внимание, что, в отличие от увеличения медианного значения показателя высоты свода  $k_3$  в группах 1, 2, 3, в группе 4 наблюдается статистически значимое существенное уменьшение этого параметра, что может указывать на повышение продольных сводов. Одной из причин получения таких результатов, на наш взгляд, является наличие в группе 4 пациентов с полыми стопами. Другая причина — более выраженное снижение сводов стопы из-за высоких перегрузок у мобильных пациентов (в группах 2 и 3) в условиях функциональной недостаточности мышечно-связочного аппарата, в отличие от пациентов, не испытывающих подобных перегрузок ввиду выраженного ограничения возможности ходьбы (в группе 4).

Отличительной особенностью пациентов группы 4 является также уменьшение площади опоры на стопу ( $S$ ), что объясняется наличием у них более тяжелых компонентов деформаций, в частности полой и эквинусной, которые приводят к уменьшению площади опоры — зоны контакта подошвенной поверхности с опорой.

Анализ групп пациентов GMFCS 1 и 2 показал отсутствие статистически значимых различий по всем исследуемым переменным (см. табл. 3). Это объясняется отсутствием их значимого клинического различия: пациенты обеих групп передвигаются самостоятельно (лишь с разной степенью выраженности ограничений). Между тем, для остальных групп пациентов значимое межгрупповое различие было выявлено по одной, двум или даже трем пере-

менным, что объективно отражает клиническую картину. Эти данные согласуются с результатами клинических наблюдений О.А. Ключковой и А.Л. Куренкова, указывающими на сходство выраженности нарушений со стороны опорно-двигательного аппарата у детей с уровнями глобальных моторных функций GMFCS 1 и 2 [29].

Для оценки индивидуальной вариабельности деформаций стоп у детей с ДЦП следует обратить внимание на высокий внутригрупповой разброс значений переменных — большую разницу между значениями, входящими как в диапазон между 25-м и 75-м процентилями (границы «боксов» на диаграмме), так и в диапазон между 10-м и 90-м процентилями (границы «усов» на диаграмме). Эти данные дополнительно указывают на высокую вариабельность формы стопы у детей с ДЦП и необходимость индивидуального подхода при снабжении их ортопедической обувью, но и не исключают возможности минимальных отклонений формы стопы от нормы у некоторых детей с ДЦП даже с выраженными двигательными нарушениями по классификации GMFCS. О большой вариабельности только по одному из компонентов деформации стопы у детей младшего возраста — вальгусной установке — писали С. Church с соавторами [30], тогда как в нашем исследовании инструментальная оценка вариабельности стопы проведена по 8 переменным (компонентам деформации стопы) и по шести из них выявлены различия между разными группами.

Безусловно, индивидуальные признаки деформации стоп у пациентов с ДЦП будут еще более выраженными. В частности, несмотря на снижение высоты продольного свода у большинства пациентов с ДЦП (уменьшение значений переменных  $p_h$  и  $h$ ), у некоторых из них наблюдается полая деформация, при которой высота продольных сводов значительно превышает не только средний, но и максимальный уровень этого параметра в контрольной группе, что следует из анализа квартильных диаграмм. Столь выраженная вариабельность типов и степеней деформаций стопы подчеркивает необходимость применения индивидуального подхода при назначении ортопедических изделий детям с ДЦП. С. Church с соавторами на основании своего исследования, проведенного на 51 пациенте, пришли к выводу об эффективности применения консервативных методов, в частности, ортезирования для коррекции вальгусной установки стопы у детей с ДЦП. По мнению авторов, метод ортезирования наиболее успешен у детей раннего возраста и у пациентов с уровнем глобальных моторных функций GMFCS 1 и 2 [30]. По нашему мнению, в этих случаях особое внимание должно быть обращено на необходимость использования ортопедической обуви, изготовленной индивидуально по слепку или меркам со стопы пациента. При этом

не исключается назначение и асимметричной обуви, когда левая и правая «полупара» будут иметь конструктивные различия. Данное обстоятельство необходимо учитывать при формировании медицинских рекомендаций по назначению технических средств реабилитации.

Благодаря применению современного инструментального метода исследования выявлены с высокой статистической значимостью характерные деформации стоп пациентов со спастическими формами ДЦП с разной степенью нарушения глобальных моторных функций, а также высокая индивидуальность проявления этих деформаций в каждой из групп. Доказанная выраженная вариативность состояния стоп у данного контингента детей, с нашей точки зрения, указывает на целесообразность применения индивидуального подхода к назначению обуви: типовой, малосложной или сложной ортопедической. Для применения полученных данных в клинической практике целесообразно проведение дополнительного комплекса биомеханических исследований, направленных на разработку критериев назначения и оценки эффективности разных типов обуви не только с учетом анатомических особенностей стопы, но и ее статодинамической функции, а также уровня глобальных моторных функций пациента.

#### Этика исследования

Исследования были одобрены этическим комитетом ФГБУ «ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России и проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинской 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.* — статистическая обработка цифрового материала, написание базового текста статьи, этапное и заключительное редактирование статьи.

*Джомардлы Э.И.* — сбор информации, обработка материала, написание базового текста статьи, этапное и заключительное редактирование статьи.

*Кольцов А.А.* — концепция и дизайн исследования, этапное и заключительное редактирование статьи.

#### Литература [References]

1. Armand S., Decoulon G., Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Rev.* 2016;1:448-460. doi: 10.1302/2058-5241.1.000052.
2. Colver A., Fairhurst C., Pharoah P.O. Cerebral palsy. *Lancet.* 2014; 383: 1240-1249. doi: 10.1016/S0140-6736(13)61835-8.
3. Narayanan U.G. Lower Limb Deformity in Neuromuscular Disorders: Pathophysiology, Assessment, Goals, and Principles of Management. In: *Pediatric lower limb deformities: principles and techniques of management.* Cham : Springer, 2016; 267-269.
4. Tolentino J., Talente G. Cerebral Palsy. In: *Care of Adults with Chronic Childhood Conditions.* Cham : Springer. 2016; 67-85. doi: 10.1007/978-3-319-43827-6\_5.
5. Stavsky M., Mor O., Mastrolia S.A., Greenbaum S., Than N.G., Erez O. Cerebral palsy — trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease treatment, and prevention. *Front Pediatr.* 2017;5:21. doi: 10.3389/fped.2017.00021.
6. Goodwin J., Colver A., Basu A., Crombie S., Howel D. et al. Understanding frames: A UK survey of parents and professionals regarding the use of standing frames for children with cerebral palsy. *Child Care Health Dev.* 2018;44(2):195-202. doi: 10.1111/cch.12505.
7. Winter S. Cerebral Palsy. In: Rubin I.L., Merrick J., Greydanus D.E., Patel D.R. (eds). *Health Care for People with Intellectual and Developmental Disabilities across the Lifespan.* Switzerland: Springer; 2016. doi: 10.1007/978-3-319-18096-0\_80.
8. Cauraugh J.H., Naik S.K., Hsu W.H., Coombes S.A., Holt K.G. Children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis on gait and electrical stimulation. *Clin Rehabil.* 2010;24(11):963-978.
9. Julieanne P.S., Freeman M. Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy. *J Child Orthop.* 2013;7(5):373-377. doi: 10.1007/s11832-013-0509-4.
10. Kirby R.S., Wingate M.S., Van Naarden B.K., Doernberg N.S., Arneson C.L., Benedict R.E. et al. Prevalence and functioning of children with cerebral palsy in four areas of the United States in 2006: a report from the Autism and developmental disabilities monitoring network. *Res Dev Disabil.* 2011;32(2):462-469.
11. Ключкова О.А., Куренков А.Л., Кенис В.М. Формирование контрактур при спастических формах детского церебрального паралича: вопросы патогенеза. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2018;6(1): 58-66. doi: 10.17816/PTORS6158-66.
12. Klochkova O.A., Kurenkov A.L., Kenis V.M. [Development of contracture in spastic forms of cerebral palsy: pathogenesis and prevention]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2018;6(1):58-66. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS6158-66.
13. Solopova I.A., Moshonkina T.R., Umnov V.V., Vissarionov S.V., Baidurashvili A. G., Gerasimenko Yu.P. Neurorehabilitation of patients with cerebral palsy. *Human Physiology.* 2015;41(4):448-454.
14. Munger M.E., Chen B.P., 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(6):e027486. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027486.
15. 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).
15. Рыжиков Д.В. Оперативное лечение эквино-плосковальгусной деформации стоп у детей больных детским церебральным параличом. *Гений ортопедии*. 2010;(3):95-100.  
Ryzhikov D.V. [Surgical treatment of feet equinoplanovalgus deformity in children with infantile cerebral paralysis]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2010;3:95-100. [In Russian].
  16. Choi J.Y., Jung S., Rha D.W., Park E.S. Botulinum toxin type A injection for spastic equinovarus foot in children with cerebral palsy: effects on gait and foot pressure distribution. *Yonsei Med J*. 2016;57(2):496-504. doi: 10.3349/ymj.2016.57.2.496.
  17. 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.
  18. 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.
  19. Wen J., Liu H., Xiao S., Li X., Fang K., Zeng M. et al. Comparison of mid-term efficacy of spastic flatfoot in ambulant children with cerebral palsy by 2 different methods. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(22):e7044. doi: 10.1097/MD.0000000000007044.
  20. Сычевский Л.З., Аносов В.С., Мармыш А.Г. Динамическая фотоплантография в диагностике деформаций стопы при детском церебральном параличе. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2010;2:51-53.  
Sychevskiy L.Z., Anosov V.S., Marmysh A.G. [Dynamic computer photoplantography for estimate foot deformity in patients with cerebral palsy]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Journal of Grodno State Medical University]. 2010;2:51-53.
  21. Karamitopoulos M.S., Nirenstein L. Neuromuscular foot: spastic cerebral palsy. *Foot Ankle Clin*. 2015;20(4):657-668. doi: 10.1016/j.fcl.2015.07.008.
  22. Miller F. Foot Deformities Impact on Cerebral Palsy Gait. In: *Cerebral Palsy*. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-50592-3\_201-1.
  23. Smirnova L.M. Hardware-Software Complex for Assessment of Anatomic-Functional Disturbances and Orthosis Efficiency in Patients with Foot Pathology. *Biomed Eng*. 2009;43(6):260-264. doi: 10.1007/s10527-010-9137-1.
  24. 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.
  25. Chen W., Yao J., Yang Y., Liu X., Wang L., Pu F., Fan Y. Relationship between subtalar joint stiffness and relaxed calcaneal stance position in cerebral palsy children with valgus deformities. *BioMed Res Int*. 2018;(2018):1-10. doi: 10.1155/2018/6576108.
  26. Умнов В.В., Умнов Д.В. Особенности патогенеза, клиники и диагностики эквино-плано-вальгусной деформации стоп у больных детским церебральным параличом. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(1):93-98. doi:10.21823/2311-2905-2013-1-93-98.  
Umnov V.V., Umnov D.V. Features of pathogenesis, clinics and diagnostics of equinoplanovalgus in patients with cerebral palsy. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(1):93-98. (In Russian). doi:10.21823/2311-2905-2013--1-93-98.
  27. Boulay C., Jacquemier M., Castanier E., Giorgi H., Authier G., Pomeroy V. et al. Planovalgus foot deformity in cerebral palsy corrected by botulinum toxin injection in the peroneus longus: Clinical and radiological evaluations in young children. *Ann Phys Rehabil Med*. 2015;58(6):316-321. doi: 10.1016/j.rehab.2015.09.001.
  28. van de Velde S.K., Cashin M., Johari R., Blackshaw R., Khot A., Graham H.K. Symptomatic hallux valgus and dorsal bunion in adolescents with cerebral palsy: clinical and biomechanical factors. *Dev Med Child Neurol*. 2018;60(6):624-628. doi: 10.1111/dmcn.13724.
  29. Ключкова О.А., Куренков А.Л. Выбор целей и приоритетов ботулинотерапии у пациентов с детским церебральным параличом. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;(2):118-124. doi: 10.17116/jnevro2019119021118.  
Klochkova O.A., Kurenkov A.L. [Priorities and Goals of Botulinum Toxin A Treatment in Cerebral Palsy]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2019;(2):118-124. doi: 10.17116/jnevro2019119021118.
  30. Church C., Lennon N., Alton R., Schwartz J., Niiler T., Henley J., Miller F. Longitudinal change in foot posture in children with cerebral palsy. *J Child Orthop*. 2017;11(3):229-236. doi: 10.1302/1863-2548.11.160197.

## 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

Джомардлы Эльнур Исфандиярович — врач травматолог-ортопед, аспирант, ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России, Санкт-Петербург

Кольцов Андрей Анатольевич — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, заведующий 1-м детским травматолого-ортопедическим отделением клиники, ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России, Санкт-Петербург

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

Ludmila M. Smirnova — Dr. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Department of Biomechanical Researches of Musculoskeletal System, Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht; professor Biotechnical Systems Chair, Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" of V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg, Russian Federation

Elnur I. Dzhomardly — Orthopedic Surgeon, PhD Student, Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, St. Petersburg, Russian Federation

Andrey A. Koltsov — Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon, the Chief of First Orthopedic Department for Children, Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht, St. Petersburg, Russian Federation

## Результаты хирургического лечения спондилолистеза тяжелой степени (анализ моноцентровой когорты и обзор литературы)

С.О. Рябых, Д.М. Савин, Е.Ю. Филатов, А.О. Котельников, М.С. Сайфутдинов

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

### Реферат

**Цель исследования** — оценить результаты хирургического лечения тяжелой степени спондилолистеза с применением bone-disk-bone остеотомии, редукции и фиксации из дорсального доступа. **Материал и методы.** Ретроспективно изучена моноцентровая 5-летняя когорта (IV уровень доказательности). В исследование вошли 10 пациентов в возрасте от 7 до 22 лет (Me — 12 лет, M±m — 13,1±4,1 лет), которым выполнено хирургическое лечение при спондилолистезах тяжелой степени в период с 2012 по 2017 г. У всех пациентов смещение локализовалось в сегменте L5-S1 и соответствовало 4–6 типам по классификации AOSpine SDSG. Катанез прослежен в сроки от 1 года до 5 лет. Хирургическое вмешательство включало в себя выполнение bone-disc-bone остеотомии, репозицию L5 и заднюю инструментальную многоопорную (от 2 до 5 ПДС) фиксацию с использованием редукционных транспедикулярных винтов. Оценивали болевой синдром до и после операции, параметры позвоночно-тазового баланса, мобильность спондилолистеза по функциональным рентгеновским исследованиям или функциональному КТ, выраженность переднего спондилодеза, показатели спонтанной активности мышц и вызванных МВП и структуру послеоперационных осложнений. **Результаты.** Смещение L5 позвонка до операции — 92,6±25,2%, после операции — 25,4±16,6% ( $Z = -2,805, p = 0,005$ ). У пациентов с дисбалансированными позвоночно-тазовыми параметрами после операции отмечена их нормализация с переводом значений патологии в категорию «сбалансированный спондилолистез»: PI с 67,9±8,6 до 67,5±8,7 ( $Z = 0,000, p = 1,000$ ), PT с 26,8±13,3 до 20,1±7,1 ( $Z = -2,090, p = 0,037$ ), SS с 41,3±8,7 до 47,3±9,7 ( $Z = -1,886, p = 0,059$ ), SA с 34,9±36,3° до 8,6±7,1° ( $Z = -2,803, p = 0,005$ ). В раннем послеоперационном периоде (на 3-и сутки) зарегистрированы 3 случая транзиторной радикулопатии L5, с полным регрессом на фоне проводимого консервативного лечения в течение 6 мес. Динамика болевого синдрома по шкале BAS до и после операции: спина 8,1±1,0 и 0,5±0,5 ( $Z = -2,814, p = 0,005$ ), нижние конечности 6,8±1,5 и 0,4±0,7 ( $Z = -2,812, p = 0,005$ ) соответственно. Показатели качества жизни по шкале SRS-24 до и после операции: 62,6±7,9 и 90,7±12,4 ( $Z = -2,803, p = 0,005$ ). Мобильность спондилолистеза была определена у 9 пациентов. Выраженность спондилодеза по шкале Bridwell в отдаленном периоде составила от 1 до 3 баллов. **Заключение.** Использование классификации AOSpine SDSG с оценкой параметров сагиттального баланса, а также выраженность неврологического дефицита и болевого синдрома позволяют определить степень тяжести спондилолистеза, а нормализация значений этих параметров говорит о положительном результате лечения. Применение широкого релиза в объеме bone-disc-bone остеотомии на уровне L5-S1 с девиацией крестца (изменение угла наклона крестца) является ключевым фактором мобилизации и радикальной коррекции параметров тазового баланса при тяжелом спондилолистезе у детей и подростков. Результаты оперативного лечения в анализируемой когорте показывают значительное улучшение качества жизни (по шкале SRS-24) и снижение интенсивности болевого синдрома (по шкале VAS), а четкое соблюдение протокола операции, интраоперационный нейромониторинг МВП позволяют сократить вероятность осложнений.

**Ключевые слова:** поясничный отдел позвоночника, спондилолистез, спондилолистез тяжелой степени, пороки развития, остеотомия.

Рябых С.О., Савин Д.М., Филатов Е.Ю., Котельников А.О., Сайфутдинов М.С. Результаты хирургического лечения спондилолистеза тяжелой степени (анализ моноцентровой когорты и обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):100-111. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-100-111.

**Cite as:** Ryabykh S.O., Savin D.M., Filatov E.Yu., Kotelnikov A.O., Saifutdinov M.S. [Outcomes of Surgical Treatment of High-Grade Spondylolisthesis (Monocenter Cohort and Literature Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):100-111. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-100-111.

Филатов Егор Юрьевич / Egor Yu. Filatov; e-mail: filatov@ro.ru

Рукопись поступила/Received: 06.02.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 01.07.2019.

## Outcomes of Surgical Treatment of High-Grade Spondylolisthesis (Monocenter Cohort and Literature Review)

S.O. Ryabykh, D.M. Savin, E.Yu. Filatov, A.O. Kotelnikov,  
M.S. Saifutdinov

Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“,  
Kurgan, Russian Federation

### Abstract

**Purpose** – to evaluate outcomes of surgical treatment for high-grade spondylolisthesis using bone-disc-bone osteotomy, reduction and fixation through the dorsal approach. **Materials and Methods.** The authors retrospectively examined a monocenter five-year cohort (IV level of evidence). The study included 10 patients aging from 7 to 22 years (Me – 12 years, M<sup>±</sup>m – 13.1<sup>±</sup>4.1 years) who underwent surgery due to high-grade spondylolysis antelsthesis in the period from 2012 to 2017. Displacement was located in L5-S1 segments and corresponded to types 4-6 by AOSpine SDSG classification in all patients. Catamnesis was followed for the period from 1 to 5 years. Surgical procedures included bone-disc-bone osteotomy, L5 reduction and dorsal instrumental multi-bearing (from 2 to 5 spinal motion segments) using reduction transpedicular screws. The following parameters were evaluated: pain syndrome prior and after surgery, sagittal balance, spondylolisthesis mobility on the functional X-rays or CYs, severity grade of anterior spondylolysis, criteria of spontaneous muscular activity and MEPs as well as structure of postoperative complications. Results. L5 displacement prior to surgery was 92.6<sup>±</sup>25.2%, after surgery – 25.4<sup>±</sup>16.6% ( $Z = -2.805, p = 0.005$ ). Patients with sagittal imbalance demonstrated normalization after the surgery allowing to re-classify pathology as “balanced spondylolisthesis”: PI from 67.9<sup>±</sup>8.6 to 67.5<sup>±</sup>8.7 ( $Z = 0,000, p = 1,000$ ), PT from 26.8<sup>±</sup>13.3 to 20.1<sup>±</sup>7.1 ( $Z = -2,090, p = 0,037$ ), SS from 41.3<sup>±</sup>8.7 to 47.3<sup>±</sup>9.7 ( $Z = -1,886, p = 0,059$ ), SA from 34.9<sup>±</sup>36.3° to 8.6<sup>±</sup>7.1° ( $Z = -2,803, p = 0,005$ ). 3 cases of transient L5 radiculopathy with full regress after conservative 6 months’ treatment were reported in the early follow up period (on day 3 after procedure). Pain syndrome dynamics on VAS scale prior to and after the surgery were as follows: spine 8.1<sup>±</sup>1.0 and 0.5<sup>±</sup>0.5 ( $Z = -2,814, p = 0,005$ ), lower limbs 6.8<sup>±</sup>1.5 and 0.4<sup>±</sup>0.7 ( $Z = -2,812, p = 0,005$ ), respectively. Life quality indices by SRS-24 score prior to and after the surgery were 62.6<sup>±</sup>7.9 and 90.7<sup>±</sup>12.4 ( $Z = -2,803, p = 0,005$ ). Mobility of spondylolisthesis was observed in 9 patients. Spondylolisthesis severity by Bridwell classification in late period scored from 1 to 3 points. Conclusion. Use of AOSpine SDSG classification along with assessment of sagittal balance as well as severity of neurological deficit and pain syndrome allow to define the severity grade of spondylolisthesis, while normalization of parameters after the surgery speaks for positive treatment outcome. Extensive release during bone-disc-bone osteotomy at L5-S1 level along with altering tilt angle of the sacrum is the key factor for mobilization and radical correction of pelvic balance in high-grade spondylolisthesis. Outcomes of surgical treatment in the analyzed cohort demonstrate significant improvement in life quality (by SRS-24 score) and reduced pain syndrome (by VAS) in patients. At the same time precise compliance to the procedure protocol and intraoperative neuro-monitoring of MEPs allow to decrease risk of complications.

**Keywords:** lumbar spine, high-grade spondylolisthesis, malformation, bone-disc-bone osteotomy.

### Введение

Различные варианты спондилолистеза тяжелой степени, как правило диспластического, остаются одной из значимых проблем современной хирургической вертебрологии. На наш взгляд, это обусловлено рядом причин:

– недооценкой темпов естественного течения с прогрессированием смещения и дисбаланса на амбулаторном этапе;

– относительной редкостью патологии и отсутствием возможности концентрации пациентов этой группы только в крупных спинальных центрах;

– возрастным коридором манифестации патологии в период перехода пациента из детской сети лечебных учреждений во взрослую;

– отсутствием единых подходов к лечению и, как следствие, высоким процентам осложнений с большой частотой ревизионных вмешательств.

Эти особенности легко проследить как в отечественной, так и мировой литературе [1–4]. Это побудило авторов к проведению моноцентрового исследования с надеждой на актуализацию этого направления в России и объединение усилий заинтересованных спинальных хирургов для планирования мультицентровых исследований.

**Цель исследования** — оценить результаты хирургического лечения тяжелой степени спондилолистеза с применением bone-disk-bone остеотомии, редукции и фиксации из дорсального доступа.

**Дизайн исследования**

Анализ ретроспективной моноцентровой 5-летней когорты. Период набора пациентов: 2012–2017 гг.

**Критерии включения:**

- возраст пациентов до 25 лет (включительно) к моменту операции;
- диспластический фактор этиологии: спондилолиз и/или аномалия тропизма;
- деформации позвоночного столба 4–6 типов по классификации AOSpine SDSG [5];
- наличие полного лучевого архива;
- единая хирургическая бригада (единое планирование хирургического протокола, все пациенты оперированы первыми двумя авторами);
- отдаленный результат более 1 года.

**Критерии исключения:**

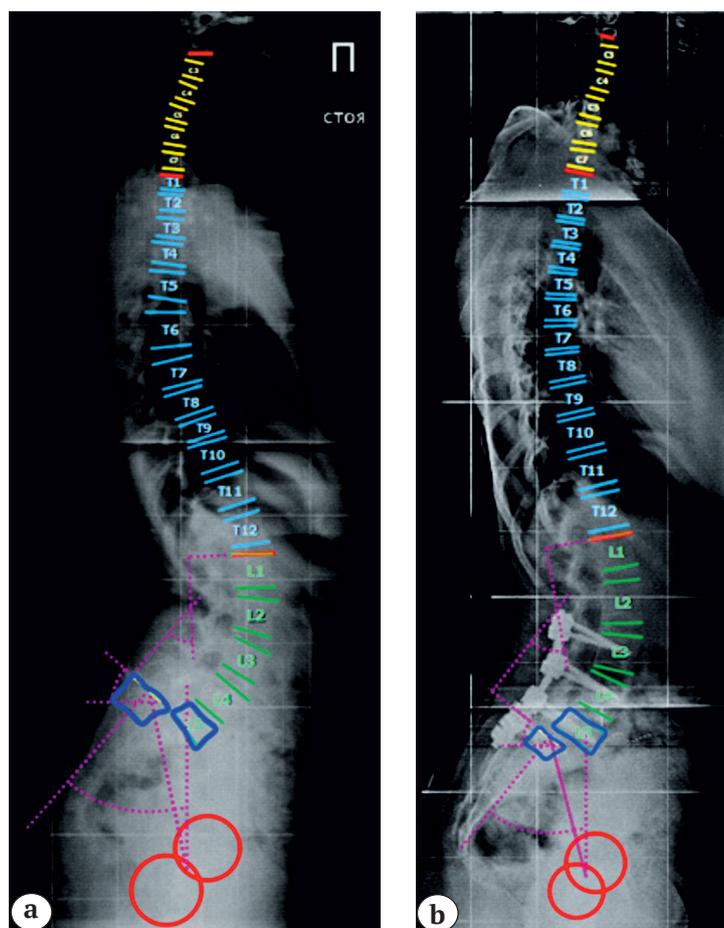
- дегенеративные, травматические смещения в сегменте L5-S1;

- литическая нестабильность в сегменте L5-S1;
- балансированные варианты спондилолистезов 1–3 типов по классификации AOSpine SDSG (доказательная база по тактике лечения при этих типах достаточная).

За указанный период в клинике патологии позвоночника и редких заболеваний по поводу спондилолистеза оперированы 50 детей, из которых критериям включения/исключения соответствовали 10. Период наблюдения варьировал от 1 года до 5 лет (Me — 2,3 года). Класс доказательности IV, UK Oxford, версия 2009 [6].

Единый протокол исследования для анализа результатов первичных и ревизионных вмешательств включал:

- клиническую оценку (осмотр, оценка интенсивности боли в ногах и спине по шкале VAS, оценка качества жизни по анкете SRS-24);
- анализ лучевых данных (рентген-телеметрия позвоночника с захватом таза и тазобедренных суставов с цифровой оценкой типа сагиттального баланса и позвоночно-тазовых параметров в программе Surgimap Spine (рис. 1), функциональным рентгеновским исследованием (ФРИ)\*, КТ и МРТ пояснично-крестцовой зоны;



**Рис. 1.** Рентгенограммы в положении стоя пациента 14 лет со спондилолистезом SDSG 5:

a — до операции:  
PI — 53, PT — 12, SS — 41, LA — 12,9;  
b — после операции:  
PI — 53, PT — 14, SS — 38, LA — 2,6

**Fig. 1.** Standing X-rays, patient of 14 y.o., SDSG 5 spondylolisthesis:

a — prior to surgery:  
PI — 53, PT — 12, SS — 41, LA — 12,9;  
b — after surgery:  
PI — 53, PT — 14, SS — 38, LA — 2,6

\* По показаниям (при невозможности оценки мобильности сегмента L5-S1 по данным ФРИ) протокол дополнялся функциональной КТ.

– анализ функциональных данных (интраоперационный нейромониторинг).

*Критерии оценки:*

– смещение L5 позвонка в процентах до и после оперативной коррекции;

– позвоночно-тазовые параметры сагиттального баланса: Pelvic Incidence (PI), Pelvic Tilt (PT), Sacral Slope (SS), угол скольжения (угол наклона L5 относительно S1, т.н. Lumbosacral Angle (Slip Angle)) (SA);

– мобильность спондилолистеза в мм по ФРИ или функциональному КТ;

– балльная оценка интенсивности боли в спине и в ногах по шкале VAS и параметров качества жизни по шкале SRS-24 до и после операции;

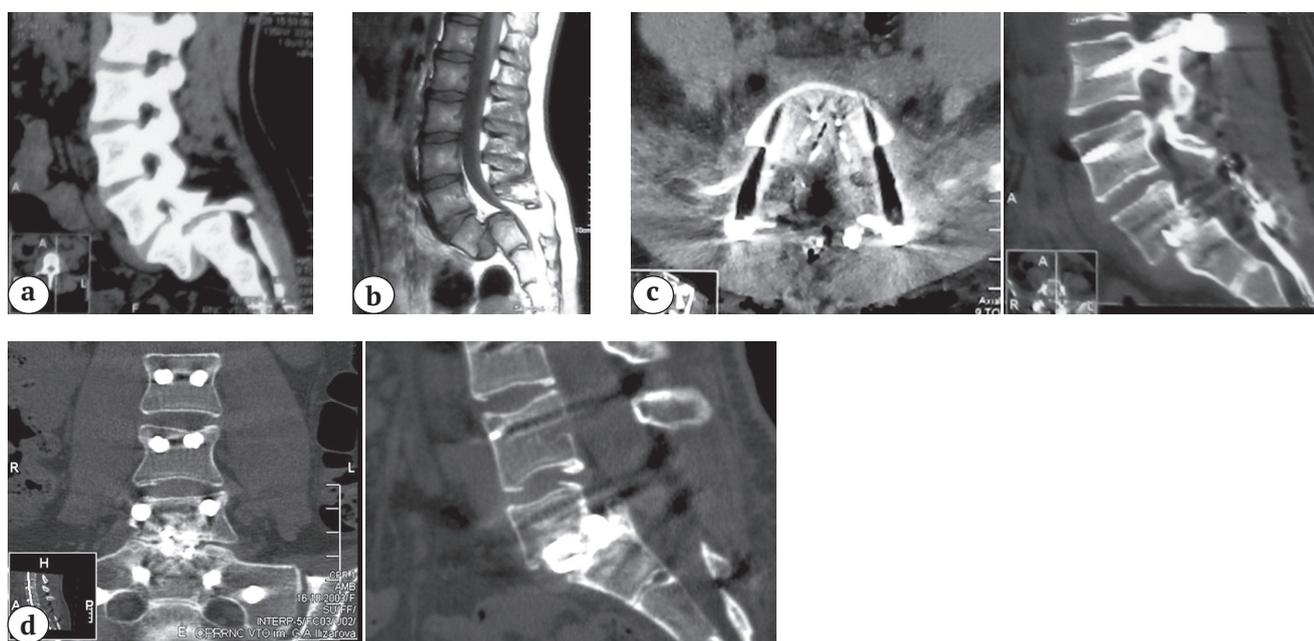
– характеристики спонтанной активности мышц и моторных вызванных потенциалов (МВП) до, во время и после операции;

– тип и объем инструментальной фиксации;

– структура осложнений в зависимости от типов спондилолистеза и количества вмешательств;

– выраженность спондилодеза по шкале Bridwell через год и 2 года после операции [7].

Указанные параметры проанализированы в четырех контрольных точках у 4 пациентов: до операции, в ближайшем послеоперационном периоде, через год и через 3 года после операции (рис. 2а, б, с), в трех контрольных точках (кроме финальной) у 6 пациентов.



**Рис. 2.** Результаты лучевого обследования пациента 14 лет со спондилолистезом SDSG 5:

а – КТ, MPR, сагиттальный скан: деформация замыкательных пластин L5 и S1 позвонков;

б – МРТ, взвешенные в T2: стеноз позвоночного канала на уровне S1;

с – КТ, MPR, сагиттальный и аксиальный сканы в проекции сегмента L5-S1;

д – КТ через 2 года после операции, MPR, сагиттальный и аксиальный сканы КТ в проекции сегмента L5-S1.

Формирование костного блока типа 1 по Bridwell

**Fig. 2.** Patient of 14 y.o., SDSG 5 spondylolisthesis:

a – CT, MPR, sagittal view: deformity of L5 and S1 endplates;

b – T2 weighted MRI: spinal canal stenosis at S1 level;

c – CT, MPR, sagittal and axial views in projection of L5-S1;

d – CT in 2 years after the surgery, MPR, sagittal and axial CT scan in projection of L5-S1 segment.

Bone block formation of type 1 by Bridwell

### Статистический анализ

Статистическая обработка выполнена в программе IBM SPSS, v. 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Общая характеристика исследуемых параметров проведена с использованием метода описательной статистики. Учитывая малочисленность наблюдений, а также ненормальный характер

распределения исследуемых параметров (уровень асимптотической значимости по критерию Колмогорова–Смирнова колебался от 0,054 до 0,200) оценка значимости различий исследуемых параметров до и после операции проведена по критерию знаковых рангов Уилкоксона. Различия признавались значимыми при двустороннем

$p < 0,05$ . Для возможности сопоставления полученных значений с данными литературы дополнительно указаны  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее значение,  $m$  — стандартное отклонение.

### Хирургическая техника

Доступ — дорсальный билатеральный. После скелетирования задней колонны выполнялась установка транспедикулярных опорных точек в тела L4-S1 позвонков и через S2 в боковые массы крестца. Зону инструментальной фиксации окончательно планировали интраоперационно в зависимости от плотности костной ткани (максимально до L2 в одном случае) с бикортикальным проведением винтов и флюороскопическим контролем их положения. Выполняли удаление дуги порочного L5 позвонка и менингоградикулолиз S1 с интраоперационным ЭМГ-мониторированием в режиме «free-run» (контроль появления спонтанной ЭМГ) и DNS (через монополярный зонд) для визуализации невральных структур. После установки провизорного стержня контралатеральной стороны в режиме стабилизации доступом по верхнему краю боковых масс крестца производился подход к межпозвоночному диску L5-S1. Выполнялась дискэктомия с парциальной резекцией смежных тел L5 и S1 позвонков по типу bone-disc-bone остеотомии [8] до достижения мобильности крестца. Для удобства использовали прием с поочередной заменой предизогнутых стержней справа и слева. Далее выполняли монтаж системы с предизогнутыми стержнями одновременно с двух сторон с учетом изменения угла наклона крестца. Последнее, на наш взгляд, является ключевым моментом восстановления позвоночно-крестцового соотношения и нормализации пояснично-тазового баланса. После этого маневра производили частичную редукцию L5 позвонка. Для симметричной трансляции стержней использовали редукционные винты или редукционные тубулярные системы. После установки межтелового кейджа техникой PLIF или TLIF под флюороскопическим контролем производили локальную компрессию в сегменте L5-S1 (см. рис. 1б, 2с). Завершали вмешательство протяжкой гаек и задним спондилотомом ауто-/аллокостью в зоне инструментации.

### Интраоперационный нейромониторинг

Интраоперационный нейрофизиологический контроль текущего состояния пирамидной системы пациента проводили с использованием системы «ISIS IOM» (Inomed Medizintechnik GmbH, Германия). В режиме «free run» отслеживали степень спонтанной активности тестируемых мышц. Регистрировали МВП в ответ на транскраниальную

электростимуляцию моторной коры головного мозга через субдермальные спиралевидные электроды, зафиксированные на скальпе в проекции корковых представительств мышц-индикаторов. Стимулы подавались пачками — по пять разнополярных импульсов длительностью 1 мс с межстимуляционным интервалом 4 мс, частотой 1 Гц. В случае нерегулярно возникающих нестабильных МВП или их отсутствии производилась транспозиция стимулирующих электродов до получения воспроизводимого ответа. Регистрирующие игольчатые электроды устанавливались монополярно (отведение типа «belly-tendon»). В качестве мышц-индикаторов для получения МВП использовались *m. tibialis anterior* (контроль состояния корешка L5) и *m. gastrocnemius lateralis* (контроль состояния корешка S1) справа и слева с учетом результатов предоперационного ЭМГ-обследования, схема которого была разработана А.П. Шеиным [9, 10].

Регистрация «базовых» МВП начиналась через 40–60 мин после введения миорелаксанта. Оценивались регулярность появления ответов, их форма (сложность, стабильность), латентный период и амплитуда, а также вариативность этих характеристик. Последующие тестирования проводились в процессе имплантации опорных элементов конструкции, выполнения вертебротомии и коррекционного маневра по команде нейрохирурга. При сравнении результатов текущего тестирования с базовыми МВП в качестве диагностически значимых изменений характеристик ответов рассматривалось снижение амплитуды более чем на 50% от исходного уровня и увеличение латентного периода, превышающее 10% [11, 12]. Дополнительно использовался монополярный зонд, позволяющий производить прямую электростимуляцию нервных структур, для их более значимой «визуализации» в спайках.

### Результаты

Всего прооперировано 10 пациентов в возрасте от 7 до 22 лет ( $Me$  — 12 лет,  $M \pm m$  — 13,1 $\pm$ 4,1 лет). Распределение по полу: 1 мальчик, 9 девочек. У всех пациентов был антелистез L5 позвонка 4–6 типа — по классификации AOSpine SDSC. У 9 пациентов выявлен нестабильный спондилолистез. Мобильность в сегменте L5-S1 варьировала от 8,9 до 5,6 мм ( $Me$  — 6,4 мм,  $M \pm m$  — 6,8 $\pm$ 2,3). Смещение L5 позвонка относительно S1 до операции составило 92,6 $\pm$ 25,2% ( $Me$  85,0; min 60,0; max 130,0), после операции 25,4 $\pm$ 16,6% ( $Me$  24,0; min 0; max 47,0),  $Z = -2,805$ ,  $p = 0,005$  (табл. 1).

У 6 пациентов до оперативного лечения был выявлен дисбаланс тазовых параметров.

Во всех случаях после операции достигнута положительная динамика тазовых параметров:

– PI с 67,9±8,6 (Me 68,0; min 53,0; max 80,0) до 67,5±8,7 (Me 68,8; min 53,0; max 81,0),  $Z = 0,000$ ,  $p = 1,000$ ;

– PT с 26,8±13,3 (Me 24,2; min 11,9; max 48,4) до 20,1±7,1 (Me 19,1; min 9,0; max 34,2),  $Z = -2,090$ ,  $p = 0,037$ ;

– SS с 41,3±8,7 (Me 40,3; min 31,3; max 60,7) до 47,3±9,7 (Me 45,9; min 38,0; max 55,6),  $Z = -1,886$ ,  $p = 0,059$ ;

– SA с 34,9±36,3° (Me 22,7; min 6,4; max 130,3) до 8,6±7,1° (Me 5,4; min 0,3; max 21,2),  $Z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ .

У 5 пациентов отмечена нормализация тазовых параметров с переводом патологии в категорию балансированных. У 1 пациента удалось добиться улучшения тазовых параметров. Еще у четверых пациентов параметры пояснично-тазового баланса признаны нормальными в соответствии с 4 типами сагиттального баланса по

J.C. LeHues [13]. Значимое изменение PI у 3 пациентов в пределах 5%, на наш взгляд, связано с выраженной краевой резекцией позвонка S1 (табл. 2).

У трех (33%) пациентов констатирована сопутствующая сколиотическая деформация позвоночного столба в пределах 30° по Cobb с апикальной торсией II степени по pedicle-методу [14].

Неврологическая симптоматика у всех пациентов была обусловлена радикулопатией, клинически проявлялась болями в спине и нижних конечностях. Исходно средний показатель боли в спине по шкале VAS составлял 8,1±1,0 (Me 8,0; min 6,0; max 9,0), болей в ногах – 6,80±1,55 (Me 6,5; min 4,0; max 9,0). После операции отмечено снижение средних показателей до 0,5±0,5 (Me 0,1; min 0; max 2,0) и 0,4±0,7 (Me 0,1; min 0; max 1,0) соответственно,  $Z = -2,814$ ,  $p = 0,005$  и  $Z = -2,812$ ,  $p = 0,005$ .

Таблица 1

Исходные показатели тазового сагиттального баланса пациентов, норма определена по методу J.C. Le Hues [13]

№	Возраст, лет	AO Spine classification	PI до операции	PT до операции	SS до операции	Нормальность параметров по методу Le Hues в соответствии с типом сагиттального баланса	SA до операции в гр.	Степень листеза в % до операции	Интенсивность боли в спине по шкале VAS до операции	Интенсивность боли в ногах по шкале VAS до операции	Оценка качества жизни по шкале SRS 24 до операции в баллах	Уровень фиксации
1	9	5	67,40	34,00	33,40	нет	39,20	107,00	8	9	52	L4-S2
2	22	6	79,70	48,40	31,30	нет	130,30	130,00	8	6	49	L2-S2
3	7	5	71,50	29,20	42,30	нет	18,50	73,00	6	4	69	L4-S2
4	12	5	58,80	19,20	39,70	да	27,00	77,00	8	6	68	L4-S2
5	12	5	64,50	16,20	48,30	да	18,00	111,00	9	8	62	L3-S2
6	12	4	72,60	11,90	60,70	нет	6,40	69,00	9	7	73	L4-S2
7	15	6	63,00	18,00	45,00	да	51,30	92,00	7	7	69	L2-S2
8	12	5	80,00	45,00	36,00	нет	11,00	60,00	9	6	64	L4-S1
9	14	5	53,00	12,00	41,00	да	12,90	129,00	8	6	56	L3-S2
10	16	5	68,60	33,80	34,80	нет	34,80	78,00	9	9	64	L4-S2
Итого	13,1± 4,1	5,1± 0,6	67,9± 8,6	26,8± 13,3	41,3± 8,7	–	34,9± 36,3	92,6± 25,2	8,1± 1,0	6,80± 1,55	62,6± 7,9	–

Таблица 2

## Динамика тазовых параметров пациентов после операции, норма определена по методу J.C. LeHues [13]

№	Возраст, лет	PI после операции	PT после операции	SS после операции	Нормальность параметров по методу Le Hues в соответствии с типом сагиттального баланса	SA после операции в гр.	Степень листеза в % после операции	Интенсивность боли в спине по шкале VAS после операции	Интенсивность боли в ногах по шкале VAS после операции	Оценка качества жизни по шкале SRS 24 после операции в баллах	Срок отдаленных наблюдений, мес.	Формирование костного блока по шкале Bridwell по данным КТ
1	9	69,30	24,30	45,20	да	2,60	30,00	1	0	66	12	3
2	22	75,30	34,20	41,10	нет	13,50	46,00	0	0	108	12	1
3	7	71,90	19,00	52,90	да	5,20	8,00	0	0	94	18	2
4	12	59,20	19,10	40,10	да	21,20	0,00	0	0	90	18	2
5	12	61,20	15,20	46,00	да	11,70	36,00	0	0	80	36	1
6	12	72,40	16,90	55,60	да	5,10	17,00	1	0	96	36	1
7	15	63,00	9,00	54,00	да	18,10	18,00	1	1	106	36	1
8	12	81,00	27,00	54,00	да	,30	40,00	1	1	96	60	1
9	14	53,00	14,00	38,00	да	5,60	47,00	1	0	87	36	1
10	16	68,30	22,50	45,80	да	2,60	12,00	2	0	84	12	3
Итого	13,1± 4,1	67,5± 8,7	20,1± 7,1	47,3± 9,7	–	8,6± 7,1	25,4± 16,6	0,5± 0,5	0,4± 0,7	90,7± 12,4	21,0± 17,9	2,1± 0,9

В трех случаях хирургическое вмешательство не сопровождалось наличием нейрофизиологических признаков значимой реакции пирамидной системы на хирургическую агрессию. При этом у 7 пациентов операции сопровождались значительным снижением амплитуды моторных потенциалов (менее 40% от исходных параметров). Снижение ответов происходило в процессе редукционного маневра. При появлении электрофизиологических признаков критического снижения функции нервных структур с целью защиты корешков спинного мозга вводился метилпреднизолон – 10 мг/кг и эпидуральная анестезия 0,25% раствором лидокаина. У четырех пациентов в конце операции МВП восстановились до уровня, близкого к базовому, в результате процент обратимых изменений моторных ответов составил 40%. У трех (30%) пациентов оперативное вмешательство закончилось на фоне значительного снижения моторных ответов, а в одном (10%) случае МВП исчезли полностью на

момент завершения операции. Отметим, что эти выражи МВП не проявлялись клинически значимым неврологическим дефицитом. В двух (20%) случаях зафиксировано появление спонтанной ЭМГ, наличие которой свидетельствовало о воздействии на ткани в опасной близости от корешков спинного мозга. После этого проводился дополнительный контроль состояния моторных ответов.

Протяженность инструментальной фиксации составляла от 2 до 5 сегментов (см. табл. 1).

**Осложнения.** Тракционная ишемическая радикулопатия L5 развилась после оперативного вмешательства у 3 (33%) пациенток. Полностью купировать неврологический дефицит у всех пациентов удалось консервативными методами в течение 6 мес. после операции. Других осложнений не отмечено.

Катамнез прослежен у всех пациентов на протяжении 34,2±17,9 мес. При контрольном исследовании (рентгенография, КТ) у всех пациентов

сохранилась достигнутая интраоперационно коррекция. В трех случаях с имеющейся сопутствующей сколиотической деформацией в течение года после операции наступил частичный регресс деформации. До операции в среднем угол сколиотической деформации составлял  $19,9^{\circ} \pm 4,2^{\circ}$  по Cobb, после  $12,8^{\circ} \pm 4,7^{\circ}$  по Cobb. Вторичного смещения и резорбции вокруг металлоконструкции не выявлено ни в одном случае. К двум годам после операции у 60% пациентов наблюдалось формирование костного блока типов 1–2 по шкале Bridwell.

Анализ анкетирования пациентов по шкале SRS-24 показал значительное улучшение качества жизни: до операции  $62,6 \pm 7,9$  баллов (Me — 64; min 49,0; max 73,0), после операции —  $90,7 \pm 12,4$  (Me 92,0; min 66,0; max 108,0),  $Z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ .

### Обсуждение

Хирургическое лечение спондилолистезов тяжелой степени у пациентов детского возраста и подростков представляет собой актуальное направление хирургической вертебрологии. С одной стороны, это обусловлено ограниченным объемом информации о результатах лечения пациентов этой возрастной группы, с другой — ярко выраженными особенностями клинической картины: длительное отсутствие неврологических расстройств и болевого синдрома, обуславливающих увеличение продолжительности диагностической и терапевтической паузы. Сохраняют актуальность выбор доступа, технологии коррекции и фиксации, ее протяженность, а также варианты передней поддержки.

Несмотря на большое число публикаций, касающихся результатов лечения взрослых пациентов, информация о спондилолистезах тяжелой степени у детей ограничена. Анализ баз данных (PubMed, ClinicalKey, eLIBRARY, Google Scholar) с глубиной поиска 18 лет обнаружил только 32 публикации, 5 из которых сопоставимы с нашими данными.

Беспорным фактором оценки как естественного течения спондилолистеза, так и результатов лечения является анализ типа нарушения пояснично-тазового баланса [15–17]. Однако его адекватная оценка при спондилолистезах тяжелой степени крайне затруднительна, учитывая деформацию замыкательной пластинки S1 (для расчета SS), а также исходный тип нарушения глобального сагиттального баланса [18].

Выбор технологии лечения тоже остается актуальным и варьирует от фиксации *in situ* до выполнения  $360^{\circ}$  реконструкции с изменением параметров пояснично-тазового баланса [19–21]. Несмотря на большую привлекательность последней технологии, вопрос о хирургической реконструкции сегментов L4-S1, по сравнению с фиксацией *in situ*, остается спорным. Снижение

степени смещения позвонка и нормализация соотношения PI-SS значимо увеличивают вероятность состоятельности спондилодеза, а уменьшение угла скольжения (SA) позволяет осуществлять прямую декомпрессию корешков спинного мозга и улучшает сагиттальную пояснично-крестцовую ориентацию. При этом стратегия коррекции должна быть направлена на восстановление физиологического позвоночно-тазового баланса, которое определяется не только сокращением смещения L5 позвонка, но и, прежде всего, сокращением PT, которое определяет параметры ретро- или антеверсии таза. Риск неврологических осложнений является главным аргументом против выполнения более обширной хирургической агрессии с редукцией позвонка [22].

W. Molinari с соавторами проанализировали результаты хирургического лечения спондилолистеза тяжелой степени у 37 детей (средний возраст 13,5 лет) в зависимости от варианта операции — задний спондилодез L4-S1 *in situ* и  $360^{\circ}$  реконструкция [23]. Так, псевдоартроз, клинико-лучевыми проявлениями которого являлись болевой синдром и нарастание деформации, в отдаленном периоде регистрировался статистически значимо чаще у пациентов с задним спондилодезом (39%). Ревизионные операции, выполненные в объеме  $360^{\circ}$  реконструкции, способствовали исчезновению болевого синдрома и достижению надежного  $360^{\circ}$  спондилодеза. Наилучшие изменения в функциональном статусе и выраженности болевого синдрома после операции также были зарегистрированы у детей из группы с  $360^{\circ}$  реконструкцией.

Вмешательства из срединного дорсального доступа обладают преимуществом за счет возможности проведения прямой декомпрессии нервных структур. Кроме того, дорсальный или комбинированный доступ с использованием ALIF, PLIF, TLIF в сочетании с транспедикулярной фиксацией демонстрируют более высокий темп формирования спондилодеза (98,2%) по сравнению с пациентами, перенесшими изолированную дорсальную (83,3%) или вентральную (74,0%) хирургию [24, 25]. Выбор методики межтелового спондилодеза дискутабелен и определяется предпочтениями хирурга [26]. Так, S. Agabegi и J. Fischgrund указывают на то, что методика TLIF и ALIF предпочтительна для восстановления поясничного лордоза и сопряжена с низким процентом псевдоартроза [1]. Другое мнение приводится в работе M. Farrokhi с соавторами, в которой у когорты пациентов с комбинированным спондилосинтезом и TLIF выявлены лучшие клинические результаты с регрессом болевого синдрома в спине, но отмечен более низкий процент формирования спондилодеза по сравнению с PLIF [27]. В единичных работах описывается возможность использования минимально инвазив-

ной моносегментарной фиксации с редукцией L5 в сочетании с TLIF, но только у пациентов со сбалансированными типами спондилолистеза [28], и применение навигационных систем для контроля положения имплантатов и репозиционных маневров [29].

ALIF ассоциируется с осложнениями, связанными с доступом, включая ретроградную эякуляцию и повреждение сосудов [30, 31].

В. Vouyer с соавторами предлагают использовать технику трансакральной стержневой фиксации (модификация Jackson's technique) для достижения редукции и стабилизации спондилолистеза тяжелой степени у детей [32]. Принципиально новым являлось выполнение редукционного маневра и задней фиксации с помощью двух трансакральных стержней, фиксирующихся каудальными концами в S2. В качестве передней поддержки авторы применяют традиционную PLIF методику. Авторы показали статистически значимое улучшение показателей позвоночно-тазовых взаимоотношений после операции у всех 12 пациентов, однако в отдаленном периоде в 5 (42%) случаях выявлена перфорация мягких тканей в области металлоконструкции, потребовавших вторичного закрытия кожного дефекта.

Е. Ferrero с соавторами выполнили 20 хирургических вмешательств у детей с использованием техники трансакральной стержневой фиксации и добившись статистически значимого улучшения позвоночно-тазовых параметров [33]. Однако у 70% пациентов возникли неврологические расстройства в первые сутки после операции. В сроки от 3 до 6 мес. после операции у всех пациентов произошел полный регресс неврологической симптоматики. Анализ работ показывает, что ключевой концепцией коррекции принята методика резекции межпозвонковых дисков L5-S1 с краевой резекцией смежных замыкательных пластин [34] билатерального погружения стержней, фиксированных на уровне крестца с изменением угла антеверсии крестца (PT, SS) для нормализации параметров пояснично-тазового баланса [35] с одновременным использованием редукционных винтов [36]. Для определения протяженности фиксации при спондилолистезе в зависимости от степени тяжести С. Lamartina с соавторами предложили «индекс тяжести» (Severity Index (SI)), который показал хорошую внутри- и межэкспертную оценку [37].

Работа R. Cecchinato и соавторами явилась первой, которая подтвердила эту концепцию и показала значимое изменение PI после операции, принятого как «стабильный» параметр сагиттального баланса [38].

В нашей работе также отмечено изменение параметров сагиттального тазового баланса, включая

PI, как за счет изменения SS, так и за счет резекции замыкательной пластины S1 и увеличения PT.

Неврологические расстройства в нашем исследовании выявлены в 3 из 10 наблюдений, что позволяет считать используемую методику рискованной и сопряженной с высоким риском развития перечисленных осложнений. Однако во всех случаях неврологический дефицит носил транзиторный характер, благодаря своевременно принятым мерам в случаях появления электрофизиологических признаков угрозы для нервных структур. Это соответствует современным представлениям о необходимости интраоперационного нейрофизиологического контроля во время вмешательств [3, 39–41]. Т. Jalanko с соавторами анализировали данные 298 пациентов, общий уровень осложнений составил 7,7%. В работе подчеркивается, что своевременно проведенная реконструктивная операция при соблюдении показаний показывает значимо хорошие долгосрочные клинические, функциональные, рентгенологические результаты и коррелирует с параметрами качества жизни [42].

Стоит обратить внимание на явление регресса сопутствующей сколиотической деформации после 360° реконструкции спондилолистеза, наблюдаемой у трех оперированных нами пациентов. Несмотря на имеющиеся публикации, посвященные сочетанию двух нозологий [43], нам удалось найти лишь одну зарубежную публикацию, описывающую аналогичный случай регресса сколиоза у 12-летней девочки с тяжелой степенью спондилолистеза [44]. Это «явление» подчеркивает значимость и необходимость восстановления позвоночно-тазовых взаимоотношений у детей с тяжелыми спондилолистезами.

Подводя итог, констатируем, что на сегодняшний день нет единого мнения в отношении оптимального способа хирургического лечения спондилолистезов тяжелой степени у детей. Однако следует подчеркнуть два основных момента:

- оценка позвоночно-тазовых параметров является важным этапом планирования и послеоперационного анализа состояния патологии;
- использование техники 360° реконструкции значительно способствует реконструкции параметров сагиттального пояснично-тазового баланса, достижению эффективной редукции, стабильного спондилолистеза, но сопряжено с риском развития неврологических осложнений.

Использование классификации AOSpine SDSG с оценкой параметров сагиттального баланса, а также выраженности неврологического дефицита и болевого синдрома позволяют определить степень тяжести спондилолистеза, а нормализация значений этих параметров говорит о положительном результате лечения.

Применение широкого релиза в объеме bone-disc-bone остеотомии на уровне L5-S1 с девиацией крестца (изменение угла наклона крестца) является ключевым фактором мобилизации и радикальной коррекции параметров тазового баланса при тяжелом спондилолистезе у детей.

Результаты оперативного лечения в анализируемой когорте показывают значительное улучшение качества жизни (по шкале SRS-24) и снижение интенсивности болевого синдрома (по шкале VAS), а четкое соблюдение протокола операции и интраоперационный нейромониторинг МВП позволяют сократить вероятность осложнений.

### Ограничения исследования

Малочисленность наблюдений, моноцентровой характер исследования, катамнез, не превышающий 58 мес. Текущие данные могут быть представлены как промежуточные, требуется дальнейший набор клинического материала.

### Благодарность

Коллектив авторов выражает благодарность младшему научному сотруднику ФГБУ «СПбНИИФ» Минздрава России Наумову Денису Георгиевичу за помощь в подготовке публикации.

### Этика публикации

Законные представители пациентов дали добровольное согласие на публикацию клинических наблюдений.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

### Вклад авторов

*Рябых С.О.* — концепция и дизайн исследования, основная редакторская правка

*Савин Д.М.* — подготовка обзора литературы

*Филатов Е.Ю.* — обработка результатов исследования, редакторская правка

*Котельников А.О.* — работа с базами данных, подбор пациентов

*Сайфутдинов М.С.* — описание интраоперационного мониторинга, редакторская правка

### Литература [References]

1. Agabegi S.S., Fischgrund J.S. Contemporary management of isthmic spondylolisthesis: pediatric and adult. *Spine J.* 2010;10(6):530-543. doi: 10.1016/j.spinee.2010.02.023.
2. Tebet M.A. Current concepts on the sagittal balance and classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Rev Bras Ortop.* 2014;49(1):3-12. doi: 10.1016/j.rboe.2014.02.003.
3. Intraoperative Monitoring in Routine and Complex Surgery. In: M.P. Steinmetz, E.C. Benzel (eds.). *Benzel's Spine Surgery E-Book: Techniques, Complication Avoidance, and Management.* 4th ed. Elsevier Health Sciences, 2016. pp. 322-324.
4. Gandhoke G.S., Kasliwal M.K., Smith J.S., Nieto J., Ibrahimi D., Park P. et al. A Multicenter Evaluation of Clinical and Radiographic Outcomes Following High-grade Spondylolisthesis Reduction and Fusion. *Clin Spine Surg.* 2017;30(4):E363-E369. doi: 10.1097/BSD.0000000000000218.
5. Labelle H., Mac-Thiong J.M., Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:641-646. doi: 10.1007/s00586-011-1932-1.
6. Richards D. GRADING—levels of evidence. *Evid Based Dent.* 2009;10(1):24-25. doi: 10.1038/sj.ebd.6400636.
7. Bridwell K.H., Lenke L.G., McEneaney K.W., Baldus C., Blanke K. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(12):1410-1418.
8. Ozturk C., Aydogan M., Karadereler S., Tezer M., Alanay A., Hamzaoglu A. Interradicular Bone-Disc-Bone Osteotomy (BDBO): An Alternative to Other Osteotomy Types for the Correction of Thoracolumbar and Lumbar Spine Deformities: Paper# 43. *Spine J Meeting Abstracts.* 2010. p. 77.
9. Шейн А.П., Криворучко Г.А., Рябых С.О. Реактивность и резистентность спинно-мозговых структур при выполнении инструментальной коррекции деформаций позвоночника. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 2016;102(12):1495-1506. Shein AP, Krivoruchko GA, Ryabykh SO [Reactivity and resistance of the spinal structures when performing instrumental correction of spinal deformities]. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian Journal of Physiology]. 2016; 102(12):1495-1506. (in Russian).
10. Shein A.P., Krivoruchko G.A., Ryabykh S.O. The Spinal Cord Pyramidal Structures Reaction to Intraoperative Instrumental Correction of Spine Deformity. *J Spine.* 2016;5:2. doi: 10.4172/2165-7939.1000292.
11. Jameson L.C. Transcranial Motor Evoked Potentials. In: A. Koht, T.B. Sloan, J.R. Toleikis (eds.). *Monitoring the Nervous System for Anesthesiologists and Other Health Care Professionals.* New York: Dordrecht: Heidelberg: London: Springer, 2012. pp. 27-45.
12. Сайфутдинов М.С., Рябых С.О., Савин Д.М., Третьякова А.Н. Формализация результатов интраоперационного нейрофизиологического контроля моторных путей спинного мозга при хирургической коррекции деформаций позвоночника. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова.* 2018;177(1):49-53. doi: 10.24884/0042-4625-2018-177-1-49-53. Saifutdinov M.S., Ryabykh S.O., Savin D.M., Tretyakova A.N. [Formalizing the results of intraoperative neurophysiological monitoring of the motor pathways into the spinal cord during the surgical correction of spinal deformities]. *Vestnik khirurgii imeni I.I. Grekova* [Grekov's Bulletin of Surgery]. 2018;177(1):49-53. (in Russian). doi: 10.24884/0042-4625-2018-177-1-49-53.
13. Le Huec J.C., Leijssen P., Duarte M., Aunoble S. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:669-680. doi: 10.1007/s00586-011-1935-y.
14. Drerup B. Principles of measurement of vertebral rotation from frontal projections of the pedicles. *J Biomech.* 1984;17(12):923-935.
15. Schwab F.J., Farcy J.P., Roye D.P. Jr. The sagittal pelvic tilt index as a criterion in the evaluation of spondylolisthesis.

- thesis. Preliminary observations. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(14):1661-1667.
16. Gille O., Bouloussa H., Mazas S., Vergari C., Challier V., Vital J.M. et al. A new classification system for degenerative spondylolisthesis of the lumbar spine. *Eur Spine J*. 2017;26(12):3096-3105. doi: 10.1007/s00586-017-5275-4.
  17. Harroud A., Labelle H., Joncas J., Mac-Thiong J.M. Global sagittal alignment and health-related quality of life in lumbosacral spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2013;22(4):849-856. doi: 10.1007/s00586-012-2591-6.
  18. Roussouly P., Gollogly S., Berthonnaud E., Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(3):346-353.
  19. Wang Z., Mac-Thiong J.M., Parent S., Petit Y., Labelle H. The relevance of sacral and sacro-pelvic morphology in developmental lumbosacral spondylolisthesis: are they equally important? *Eur Spine J*. 2014;23(1):157-162. doi: 10.1007/s00586-013-2832-3.
  20. Wang Z., Wang B., Yin B., Liu W., Yang F., Lv G. The relationship between spinopelvic parameters and clinical symptoms of severe isthmic spondylolisthesis: a prospective study of 64 patients. *Eur Spine J*. 2014;23(3):560-568. doi: 10.1007/s00586-013-3064-2.
  21. Vialle R., Ilharberde B., Dauzac C., Lenoir T., Rillardon L., Guigui P. Is there a sagittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? A correlation study. *Eur Spine J*. 2007;16(10):1641-1649.
  22. Martiniani M., Lamartina C., Specchia N. „In situ“ fusion or reduction in high-grade high dysplastic developmental spondylolisthesis (HDSS). *Eur Spine J*. 2012;21 Suppl 1:S134-40. doi: 10.1007/s00586-012-2230-2.
  23. Molinari R.W., Bridwell K.H., Lenke L.G., Baldus C. Anterior column support in surgery for high-grade, isthmic spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(394):109-120.
  24. Lindley E.M., McCullough M.A., Burger E.L., Brown C.W., Patel V.V. Complications of axial lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2011;15(3):273-279. doi: 10.3171/2011.3.SPINE10373.
  25. Quraishi N.A., Rampersaud Y.R. Minimal access bilateral transforaminal lumbar interbody fusion for high-grade isthmic spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2013;22(8):1707-1713. doi: 10.1007/s00586-012-2623-2.
  26. Molinari R.W., Bridwell K.H., Lenke L.G., Baldus C. Anterior column support in surgery for high-grade, isthmic spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;(394):109-120. doi: 10.1097/00003086-200201000-00013.
  27. Farrokhi M.R., Rahmadian A., Masoudi M.S. Posterolateral versus posterior interbody fusion in isthmic spondylolisthesis. *J Neurotrauma*. 2012;29(8):1567-1573. doi: 10.1089/neu.2011.2167.
  28. Birkenmaier C. Expert's comment concerning Grand Rounds case entitled "Minimal access bilateral transforaminal lumbar interbody fusion for high-grade isthmic spondylolisthesis" (by Nasir A. Quraishi and Y. Raja Rampersaud; doi: 10.1007/s00586-012-2623-2). *Eur Spine J*. 2013;22(8):1714-1716. doi: 10.1007/s00586-013-2891-5.
  29. Tian W., Han X.G., Liu B., Liu Y.J., He D., Yuan Q., Xu Y.F. Posterior reduction and monosegmental fusion with intraoperative three-dimensional navigation system in the treatment of high-grade developmental spondylolisthesis. *Chin Med J (Engl)*. 2015;128(7):865-870. doi: 10.4103/0366-6999.154278.
  30. Lindley E.M., McBeth Z.L., Henry S.E., Cooley R., Burger E.L., Cain C.M., Patel V.V. Retrograde ejaculation after anterior lumbar spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(20):1785-1789.
  31. Smoljanovic T., Bojanic I., Rakovac M. Retrograde ejaculation after anterior lumbar interbody fusion: transperitoneal versus retroperitoneal exposure. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(14):E622. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e15edf.
  32. Bouyer B., Bachy M., Courvoisier A., Dromzee E., Mary P., Vialle R. High-grade lumbosacral spondylolisthesis reduction and fusion in children using transsacral rod fixation. *Childs Nerv Syst*. 2014;30(3):505-513. doi: 10.1007/s00381-013-2260-z.
  33. Ferrero E., Ilharberde B., Mas V., Vidal C., Simon A.L., Mazda K. Radiological and functional outcomes of high-grade spondylolisthesis treated by intrasacral fixation, dome resection and circumferential fusion: a retrospective series of 20 consecutive cases with a minimum of 2 years follow-up. *Eur Spine J*. 2018;27(8):1940-1948. doi: 10.1007/s00586-017-5455-2.
  34. Min K., Liebscher T., Rothenfluh D. Sacral dome resection and single-stage posterior reduction in the treatment of high-grade high dysplastic spondylolisthesis in adolescents and young adults. *Eur Spine J*. 2012;21 Suppl 6:S785-791. doi: 10.1007/s00586-011-1949-5.
  35. Olszewski D., Sucato D.J. Complications Associated with Surgical Treatment of Pediatric Spondylolisthesis. In: Wollowick A., Sarwahi V. (eds). *Spondylolisthesis: Diagnosis, Non-Surgical Management, and Surgical Techniques*. Springer, Boston, MA, 2015. pp. 319-330. doi: 10.1007/978-1-4899-7575-1\_26.
  36. Lombardi F., Custodi V.M., Pugliese R., Risso A., Gaetani P., Butti G. Treatment of high-grade spondylolisthesis with Schanz recoil screws: our experience. *Eur Spine J*. 2013;22 Suppl 6:S914-918. doi: 10.1007/s00586-013-3013-0.
  37. Lamartina C., Zavatsky JM, Petrucci M, Specchia N. Novel concepts in the evaluation and treatment of high-dysplastic spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2009;18 Suppl 1:133-142. doi: 10.1007/s00586-009-0984-y.
  38. Cecchinato R., Redaelli A., Martini C., Morselli C., Villafañe J.H., Lamartina C., Berjano P. Long fusions to S1 with or without pelvic fixation can induce relevant acute variations in pelvic incidence: a retrospective cohort study of adult spine deformity surgery. *Eur Spine J*. 2017;26(Suppl 4):436-441. doi: 10.1007/s00586-017-5154-z.
  39. Asghar J.K., Shufflebarger H.L. Intraoperative Neuro-Monitoring During Spondylolisthesis Surgery. In: Wollowick A., Sarwahi V. (eds). *Spondylolisthesis: Diagnosis, Non-Surgical Management, and Surgical Techniques*. Springer, Boston, MA, 2015. pp. 331-335. doi: 10.1007/978-1-4899-7575-1\_27.
  40. Kelleher M.O., Tan G., Sarjeant R., Fehlings M.G. Predictive value of intraoperative neurophysiological monitoring during cervical spine surgery: a prospective analysis of 1055 consecutive patients. *J Neurosurg Spine*. 2008;8(3):215-221. doi: 10.3171/SPI/2008/8/3/215.
  41. Thuet E.D., Winscher J.C., Padberg A.M., Bridwell K.H., Lenke L.G., Dobbs M.B. et al. Validity and reliability of intraoperative monitoring in pediatric spinal deformity surgery: a 23-year experience of 3436 surgical cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(20):1880-1886. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e53434.
  42. Jalanko T., Helenius I., Remes V., Lamberg T., Tervahartiala P., Yrjönen T. et al. Operative treatment of isthmic spondylolisthesis in children: a long-term, retrospective comparative study with

- matched cohorts. *Eur Spine J.* 2011;20(5):766-775. doi: 10.1007/s00586-010-1591-7.
43. Crostelli M., Mazza O. AIS and spondylolisthesis. *Eur Spine J.* 2013;22 Suppl 2:S172-184. doi: 10.1007/s00586-012-2326-8.
44. Srivastava A., Bayley E., Boszczyk B.M. The management of high-grade spondylolisthesis and co-existent late-onset idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2016;25(10):3027-3031.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Рябых Сергей Олегович* — д-р мед. наук, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Савин Дмитрий Михайлович* — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, клиника патологии позвоночника и редких заболеваний, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Филатов Егор Юрьевич* — травматолог-ортопед, клиника патологии позвоночника и редких заболеваний, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Котельников Александр Олегович* — аспирант, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Сайфутдинов Марат Саматович* — д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник группы клинической нейрофизиологии научной клинко-экспериментальной лаборатории патологии осевого скелета и нейрохирургии, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Sergey O. Ryabykh* — Dr. Sci. (Med.), Head of the Clinic for Spinal Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“, Kurgan, Russian Federation

*Dmitry M. Savin* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Traumatology and Orthopedic Department, Clinic of Spinal Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“, Kurgan, Russian Federation

*Egor Yu. Filatov* — Orthopedic Surgeon, Traumatology and Orthopedic Department, Clinic of Spinal Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“, Kurgan, Russian Federation

*Alexander O. Kotelnikov* — PhD Student, Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“, Kurgan, Russian Federation

*Marat S. Sayfutdinov* — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Clinical Neurophysiology Group, Scientific Clinical Experimental Laboratory of Axial Skeleton Pathology and Neurosurgery, Russian Ilizarov Scientific Center „Restorative Traumatology and Orthopedics“, Kurgan, Russian Federation

## Анатомо-клиническое обоснование заднелатерального трансмалоберцового доступа для остеосинтеза переломов заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости

А.Ю. Кочиш<sup>1,2</sup>, М.А. Кислицын<sup>3</sup>, И.Г. Беленький<sup>4</sup>, Б.А. Майоров<sup>4,5</sup>, Д.А. Старчик<sup>4,6</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ГБУЗ «Городская больница № 38 им. Н.А. Семашко», Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиническая межрайонная больница», г. Всеволожск, Ленинградская область, Россия

<sup>6</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Цель исследования** — топографо-анатомическое обоснование и оценка клинического применения заднелатерального хирургического доступа с остеотомией головки малоберцовой кости при остеосинтезе переломов задних отделов латерального мыщелка большеберцовой кости (ББК). **Материал и методы.** Топографо-анатомическое исследование проведено на 14 нижних конечностях 8 нефиксированных трупов. В первой серии на 12 конечностях устанавливали L-образную пластину по заднелатеральной поверхности латерального мыщелка ББК из изучавшегося доступа, выполняли препарирование и измерения расстояний от разных участков пластины до общего малоберцового нерва и передней большеберцовой артерии. Во второй серии изготавливали гистотопограммы посредством поперечных распилов пластинированных препаратов области коленного сустава после установки на них опорных L-образных пластин. В проспективное наблюдательное клиническое исследование вошли 20 пациентов, которым по поводу переломов заднелатеральной колонны плато ББК типа 41В по классификации АО выполняли остеосинтез опорными L-образными пластинами из изучавшегося доступа. Оценка исходов лечения проводили в сроки 7–10 дней, 1, 3, 6 и 9 мес. после остеосинтеза по шкалам KSS и Lysholm. Сопоставляли данные топографо-анатомического и клинического исследования. **Результаты.** При соблюдении техники заднелатерального трансмалоберцового хирургического доступа отсутствует риск повреждения общего малоберцового нерва и передней большеберцовой артерии, которые на анатомическом материале всегда находились на безопасном расстоянии от установленных опорных пластин. Во всех 20 клинических наблюдениях была достигнута хорошая визуализация костных отломков и суставной поверхности плато ББК на соответствующем участке, что позволило провести качественную репозицию и фиксацию отломков опорной L-образной пластиной. По шкале KSS доли отличных и хороших исходов составили соответственно 50% и 45%, а удовлетворительный был отмечен в 5% клинических наблюдений; по шкале Lysholm отличных результатов было 55%, хороших — 45%, удовлетворительных — также 5%. Подтверждена безопасность доступа: не было зафиксировано повреждений крупных кровеносных сосудов или ятрогенных нейропатий, а также обширных гематом и гнойных осложнений в области операционной раны в ближайшем послеоперационном периоде. **Заключение.** Результаты выполненного исследования доказали техническую возможность и безопасность заднелатерального трансмалоберцового хирургического доступа при операциях остеосинтеза у пациентов с внутрисуставными переломами заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости.

**Ключевые слова:** переломы плато большеберцовой кости, накостный остеосинтез, заднелатеральный трансмалоберцовый хирургический доступ, топографо-анатомические исследования.

Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Беленький И.Г., Майоров Б.А., Старчик Д.А. Анатомо-клиническое обоснование заднелатерального трансмалоберцового доступа для остеосинтеза переломов заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):112-123. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.

**Cite as:** Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Belenky I.G., Mayorov B.A., Starchik D.A. [Anatomical and Clinical Rationale for Posterolateral Transfibular Approach for Internal Fixation of the Posterolateral Column of the Tibial Plateau]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):112-123. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.

✉ Кочиш Александр Юрьевич / Aleksandr Yu. Kochish; e-mail: auk1959@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 15.08.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 10.09.2019.

# Anatomical and Clinical Rationale for Posterolateral Transfibular Approach for Internal Fixation of the Posterolateral Column of the Tibial Plateau

A.Yu. Kochish<sup>1,2</sup>, M.A. Kislitsyn<sup>3</sup>, I.G. Belenky<sup>4</sup>, B.A. Mayorov<sup>4,5</sup>, D.A. Starchik<sup>4,6</sup>

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

<sup>2</sup> Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Semashko City Hospital No 38, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>4</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>5</sup> Vsevolozhsk Clinical Inter-District Hospital, Vsevolozhsk, Russian Federation

<sup>6</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

## Abstract

**Purpose of the study** — to provide an anatomical rationale and evaluate the clinical application of posterolateral surgical approach with osteotomy of the fibular head for internal fixation of the posterior aspect of the lateral tibial condyle. **Material and Methods.** Anatomical topography research was performed on 14 lower limbs of 8 fresh cadavers. In the first series of research L-shaped plate was fixed on the posterolateral surface of lateral tibial condyle from the examined approach, then preparation was performed and measuring of distances from various parts of the plates to the common peroneal nerve and anterior tibial artery. In the second series the authors prepared histological topograms by transverse sectioning of plastinated specimens from the knee joint area after implantation of L-shaped buttress plates. Prospective observation clinical study included 20 patients who underwent internal fixation with L-shaped buttress plate from the examined approach for fracture of the posterolateral column of the tibial plateau, type 41B by AO classification. KSS and Lysholm scales were used to evaluate treatment outcomes at days 7–10 and in 1, 3, 6 and 9 months postoperatively. Data of the anatomical and clinical research was compared. **Results.** Compliance with the technique of posterolateral transfibular surgical approach allows to avoid risk of injury to the common peroneal nerve and anterior tibial artery which on the specimen were always located safely away from implanted plates. All 20 clinical cases demonstrated good visualization of bone fragments and articular surface of the tibial plateau which ensured reliable reduction and fixation by L-shaped buttress plate. KSS excellent and good outcome scores amounted to 50% and 45%, respectively, while satisfactory score was reported in 5% of cases; Lysholm scale demonstrated 55% of excellent outcomes, 45% of good outcomes, and 5% of satisfactory outcomes. Safety of the approach was verified: no injuries to large blood vessels or iatrogenic neuropathies were reported as well as no large hematomas or infectious complications of the surgical wound in early postoperative period. **Conclusion.** Results of the present study proved the feasibility and safety of the posterolateral transfibular surgical approach for internal fixation procedures in patients with intra-articular fractures of posterolateral column of the tibial plateau.

**Keywords:** fractures of the tibial plateau, plate fixation, posterolateral transfibular surgical approach, anatomical topography study.

## Введение

Доля переломов мыщелков большеберцовой кости (плато ББК) достигает 60% от всех внутрисуставных переломов крупных суставов конечностей [1]. Такие повреждения отличаются большим морфологическим разнообразием, при этом от 15% до 35% из них локализуются преимущественно в задних отделах плато ББК [2, 3, 4]. В научной литературе имеются также сведения о том, что при изолированных переломах латерального мыщелка ББК типа В по классификации Ассоциации остеосинтеза (АО) повреждения задней его части наблюдаются в 54% случаев [5].

Наиболее часто применяются в клинической практике классификации переломов АО и J. Schatzker [6], однако они практически не учитывают особенности повреждений задних отделов мыщелков ББК, что затрудняет рациональный выбор хирургических доступов и приемов при лечении пациентов. Поэтому в последние годы были предложены трех- и четырехколонная классификации переломов плато ББК, которые выделяют задние участки мыщелков в одну или две дополнительные колонны, что позволяет учитывать клинически значимые крупные фрагменты в задних отделах плато ББК при выборе лечебной тактики [7, 8, 9, 10, 11].

Границы задних колонн плато ББК предложено определять с использованием компьютерной томографии (КТ) по следующей схеме (рис. 1): на аксиальном срезе субхондрального слоя строят отрезок между самой передней точкой бугристости ББК (А) и задним краем межмышцелкового возвышения (D), а затем из его центра (О) проводят две линии — к задней точке латерального мыщелка (С), прилежащей к переднему краю головки малоберцовой кости (МБК), а также — к заднемедиальному гребню ББК (В). Благодаря этому, условно выделяют передние колонны (латеральную — АL и медиальную — АМ), а также заднелатеральную — РL и заднемедиальную — РМ колонны плато ББК [7].

В отношении тактики оперативного лечения пострадавших с внутрисуставными переломами задних отделов плато ББК сторонники новых классификаций считают, что поврежденные участки кости после репозиции и восстановления анатомии суставной поверхности должны быть зафиксированы с использованием опорных пластин [7, 8, 11, 12, 13]. Однако установка опорной пластины на заднелатеральную или заднюю поверхность латерального мыщелка ББК невозможна из традиционного переднелатерального хирургического доступа. Поэтому для таких операций применяют заднелатеральный доступ с остеотомией головки МБК [14]. Известно, что указанный доступ отличается технической сложностью, а также сопряжен с повышенным риском развития нейропатии общего малоберцового нерва, который проходит вблизи от зоны хирургического вмешательства [14, 15, 16].

Необходимо отметить, что риски повреждения важных анатомических структур при использовании заднелатерального хирургического доступа к задним отделам латерального мыщелка ББК во многом обусловлены недостаточным его обоснованием с анатомо-клинических позиций. В частности, топографо-анатомическое обоснование этого доступа на достаточном материале не проводилось. Поэтому техника его выполнения не разработана в деталях и различается у разных авторов. Опубликованные результаты клинического применения заднелатерального хирургического доступа к плато ББК базируются на относительно

небольшом количестве наблюдений, что не позволяет определить показания к его практическому использованию в различных клинических ситуациях [2, 7, 14, 16]. Таким образом, перспективный хирургический доступ, позволяющий адекватно зафиксировать костные отломки опорной пластины при переломах заднелатеральной колонны плато ББК, не получил пока широкого распространения в клинической практике, что и определило цель нашего исследования.

**Цель исследования** — топографо-анатомическое обоснование и оценка клинического применения заднелатерального хирургического доступа с остеотомией головки МБК при остеосинтезе переломов задних отделов латерального мыщелка ББК.

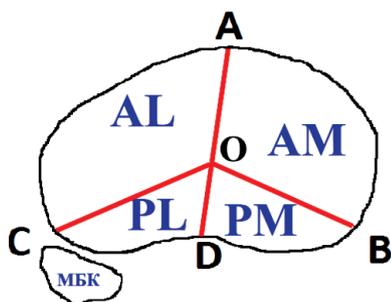
### Материал и методы

Проведенное исследование состояло из топографо-анатомической и клинической частей.

*Топографо-анатомическое исследование* было выполнено на кафедре оперативной хирургии ВМедА им. С.М. Кирова на 14 неповрежденных нижних конечностях 8 нефиксированных трупов людей, умерших в возрасте от 51 до 68 лет и не имевших заметных деформаций в области коленных суставов, и состояло из двух серий.

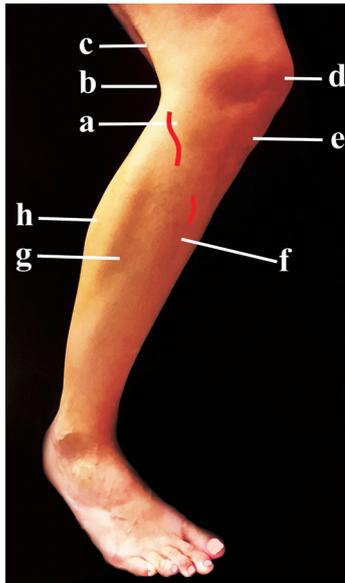
В первой серии на 12 нефиксированных нижних конечностях 7 трупов проводили экспериментальную установку L-образной пластины с винтами диаметром 4,5–5,0 мм из набора для остеосинтеза больших костных фрагментов по заднелатеральной поверхности латерального мыщелка ББК из заднелатерального хирургического доступа с остеотомией головки МБК. Схема кожных разрезов и установки пластины при выполнении заднелатерального трансмалоберцового доступа к латеральному мыщелку ББК показаны на рисунках 2 и 3.

Предлагаемый хирургический доступ выполняли в положении на противоположном боку, с валиком под голенью для придания конечности горизонтального положения. При этом вначале на коже области коленного сустава намечали необходимые анатомические ориентиры (рис. 4).



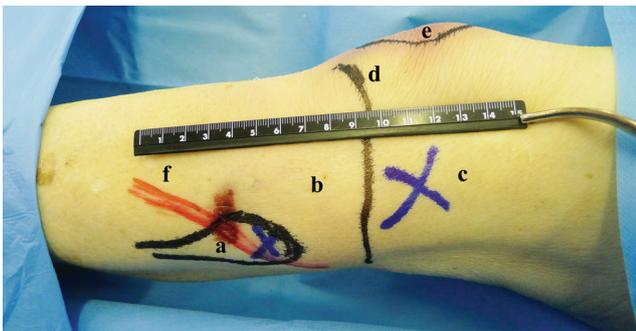
**Рис. 1.** Схема разделения плато большеберцовой кости на четыре колонны: АL — переднелатеральная; РL — заднелатеральная; АМ — переднемедиальная; РМ — заднемедиальная

**Fig. 1.** The drawing of separation of the tibial plateau into four columns: АL — anterolateral; РL — posterolateral; АМ — anteromedial; РМ — posteromedial



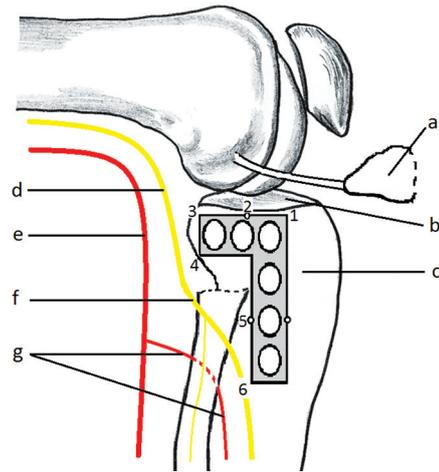
**Рис. 2.** Схема кожного разреза при выполнении заднелатерального трансмалоберцового доступа: а — головка малоберцовой кости (ГМБК); б — подколенная ямка; с — сухожилие двуглавой мышцы бедра; d — надколенник; e — бугристость ББК; f — передняя большеберцовая мышца; g — длинная малоберцовая мышца; h — икроножная мышца (латеральная головка)

**Fig. 2.** The drawing of skin incision for transfibular surgical approach: a — fibular head; b — popliteal fossa; c — tendons of *m. biceps femoris*; d — patella; e — tibia tuberosity; f — *m. tibialis anterior*; g — *m. peroneus longus*; h — *m. gastrocnemius* (lateral head)



**Рис. 4.** Анатомические ориентиры области коленного сустава (положение — на боку): а — ГМБК; б — латеральный мыщелок ББК; с — латеральный мыщелок бедренной кости; d — проекция на кожу суставной щели; e — надколенник; f — линия кожного разреза

**Fig. 4.** Anatomical landmarks of the knee joint (side position): a — fibular head; b — lateral tibial condyle; c — lateral femoral condyle; d — line in projection of the articular gap; e — patella; f — line of skin incision



**Рис. 3.** Схема расположения и разметки пластины для остеосинтеза плато большеберцовой кости при выполнении заднелатерального трансмалоберцового доступа:

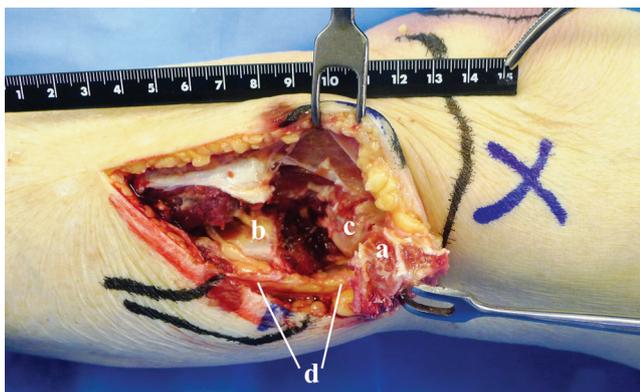
а — ГМБК (после остеотомии); б — плато ББК; с — латеральный мыщелок ББК; d — *n. tibialis*; e — *a. poplitea*; f — *n. peroneus communis* и его ветви; g — *a. tibialis anterior*. Цифрами обозначены точки на пластине, от которых производились измерения расстояний до анатомических структур

**Fig. 3.** The drawing of positioning and marking of plates for internal fixation of the tibial plateau during transfibular surgical approach: a — fibular head (after osteotomy); b — tibial plateau; c — lateral tibial condyle; d — *n. tibialis*; e — *a. poplitea*; f — *n. peroneus communis* and its branches; g — *a. tibialis anterior*. The points on the plate from which the distances to the anatomical structures were measured are indicated by numbers

Выполняли дугообразный кожный разрез длиной 8–10 см, огибающий головку МБК, рассекали собственную фасцию, идентифицировали общий малоберцовый нерв, огибающий снаружи МБК под острым углом. Затем выполняли косую остеотомию головки МБК в направлении сверху вниз и спереди назад, начиная ее на расстоянии 1,5–2,0 см от вершины головки. Скальпелем рассекали переднюю порцию проксимального межберцового синдесмоза и отводили верхнюю часть остеотомированной головки МБК латерально и кверху вместе с сухожилием двуглавой мышцы бедра и малоберцовой коллатеральной связкой коленного сустава. Затем выполняли субменисковую артротомию коленного сустава и визуализировали суставную поверхность латерального мыщелка ББК (рис. 5).

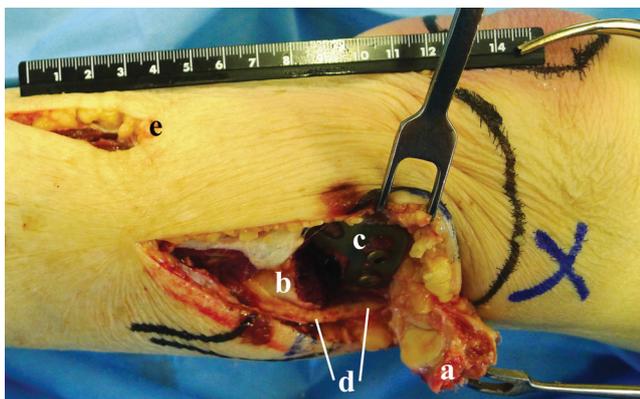
В результате выполненного доступа хорошо визуализировалась и становилась доступной для вмешательства вся суставная поверхность заднелатеральной колонны плато ББК от переднего края подвздошно-большеберцового тракта до сухожилия подколенной мышцы. Затем имплантировали на заднелатеральную поверхность плато

ББК опорную L-образную пластину из набора для остеосинтеза больших костных фрагментов с введением в мышелки ББК двух спонгиозных винтов диаметром 6,5 мм и длиной 70 мм. Диафизарную часть пластины фиксировали двумя кортикальными винтами диаметром 4,5 мм и длиной 40 мм из отдельного мини-доступа длиной 2–4 см, расположенного на 1 см латеральнее гребня ББК, который выполняли на уровне дистального конца пластины (рис. 6).



**Рис. 5.** Операционный доступ после остеотомии: а — головка МБК (отведена в сторону); б — дистальная часть головки и шейка МБК; с — латеральный мыщелок ББК (у суставной поверхности); d — *n. peroneus communis*

**Fig. 5.** Surgical approach after osteotomy: a — fibular head (diverted); b — fibula shaft; c — lateral tibial condyle (next to the joint surface); d — *n. peroneus communis*



**Рис. 6.** Операционный доступ после установки пластины: а — головка МБК (отведена в сторону); б — дистальная часть МБК; с — латеральный мыщелок ББК (с установленной пластиной); d — *n. peroneus communis*; e — дистальный мини-доступ для винтов (объяснение в тексте)

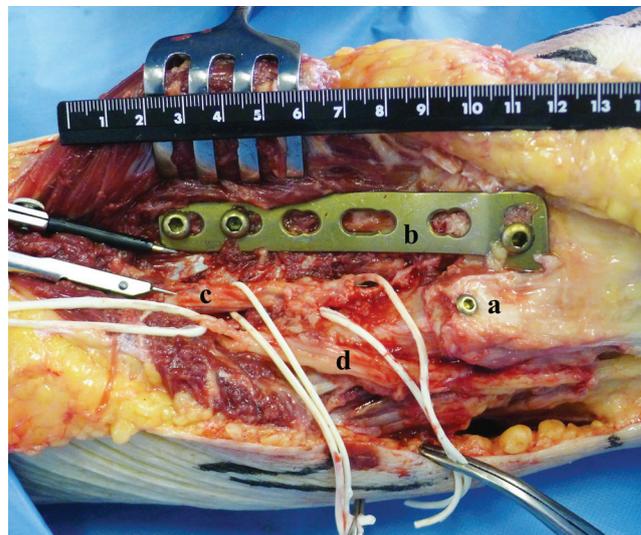
**Fig. 6.** Surgical approach after osteotomy: a — fibular head (diverted); b — fibula shaft; c — lateral tibial condyle (next to the joint surface with plate); d — *n. peroneus communis*; e — distal approach for screws (explanation in the text)

После установки пластины остеотомированную часть головки МБК возвращали на место, размещали частично над горизонтальной частью установленной L-образной пластины и фиксировали ее к дистальной части МБК стягивающим винтом диаметром 3,5 мм, который проводили сверху вниз и спереди назад в направлении, перпендикулярном плоскости остеотомии.

На следующем этапе первой серии топографо-анатомического исследования выполняли прецизионное препарирование, выясняя взаимоотношения пластины, установленной по описанному способу, с важными анатомическими образованиями: общим малоберцовым нервом и передней большеберцовой артерией с сопутствующими одноименными венами (рис. 7). При этом производили измерения кратчайших расстояний от установленных пластин до указанных анатомических структур, а также до специально определенных костных ориентиров, показанных на рисунке 2.

Результаты исследования вносили в разработанный нами протокол, а основные этапы экспериментальной операции и результаты прецизионного препарирования фотографировали.

Вторая серия топографо-анатомической части исследования предполагала изготовление специальных гистотопограмм, получаемых в результате



**Рис. 7.** Результат прецизионного препарирования после установки пластины из заднелатерального трансмалоберцового доступа: а — головка МБК (фиксирована винтом); б — пластина на латеральном мыщелке ББК; с — *a. et v. tibialis anterior*; d — *n. peroneus communis*

**Fig. 7.** Precision preparation after surgery for implanting the plate from posterolateral transfibular approach: a — fibular head (fixed with a screw); b — plate on lateral tibial condyle; c — *a. and v. tibialis anterior*; d — *n. peroneus communis*

поперечных распилов пластинированных препаратов области коленного сустава после установки на них опорных L-образных пластин из заднелатерального трансмалоберцового доступа.

Изготовление гистотопограмм осуществляли по оригинальной технологии эпоксидной пластикации, разработанной Д.А. Старчиком [19]. После установки пластин каждый препарат замораживали в жидком азоте, затем на ленточной пиле с алмазным полотном производили серию поперечных распилов толщиной 3–4 мм, которые в дальнейшем обезвоживали в ацетоне, импрегнировали смесью эпоксидной смолы и отвердителя в вакуумной камере, после чего заливали новой эпоксидной композицией и отверждали в плоских камерах из оргстекла. Сканирование прозрачных пластинированных гистотопограмм позволяло хорошо дифференцировать все анатомические структуры, попавшие в область среза. Далее на полученных гистотопограммах изучали взаимоотношения установленной пластины с общим малоберцовым нервом, передней большеберцовой артерией и другими важными анатомическими образованиями. Всего в результате распилов двух препаратов, подвергшихся полимерному бальзамированию после установки пластин, было изготовлено и изучено 4 гистотопограммы: по 2 распила, выполненных на уровне горизонтальной и вертикальной частей имплантированных L-образных пластин.

### *Клиническое исследование*

Проведено проспективное наблюдательное многоцентровое исследование 20 пациентов (12 женщин и 8 мужчин), возраст которых варьировал от 28 до 63 лет (в среднем  $50,5 \pm 11,2$  лет). Клинический материал был собран в специализированных травматолого-ортопедических отделениях двух стационаров.

Критериями включения в исследование являлись: возраст старше 18 лет и наличие перелома заднелатеральной колонны плато ББК типа 41В по классификации АО. Критериями исключения были: детский возраст (до 18 лет), наличие переломов других костей и сочетанных травм, значимые деформации и раны в области оперативного вмешательства, а также наличие у пациентов тяжелой соматической патологии, препятствующей проведению изучавшихся операций остеосинтеза. Переломы были классифицированы по АО следующим образом: тип 41В1 — 4 (20%) пациента, тип 41В2 — 2 (10%) и тип 41В3 — 14 (70%) пациентов. У всех больных были изучены результаты операций остеосинтеза опорными пластинами, установленными через предложенный авторами доступ в сроки 7–10 дней, 1, 3, 6 и 9 мес. после проведенного оперативного лечения.

### *Методы оценки результатов*

Для оценки результатов использовали международные балльные шкалы KSS [17] и Lysholm [18]. По шкале KSS отличные результаты находятся в диапазоне 83–103 баллов, хорошие — 70–82, удовлетворительные — 60–69, неудовлетворительные — менее 60. Аналогичные диапазоны баллов по шкале Lysholm составляют 91–100 баллов — отличные результаты, 84–90 — хорошие, 65–83 — удовлетворительные, менее 65 — неудовлетворительные.

Всем пациентам выполняли рентгенографию, а при необходимости — компьютерную томографию. На контрольных рентгенограммах оценивали величины смещения фрагментов заднего отдела латерального мыщелка ББК в динамике, а также определяли сроки сращения переломов. Кроме того, особое внимание уделяли выявлению послеоперационных осложнений, прежде всего связанных с возможными повреждениями крупных кровеносных сосудов и периферических нервов.

Результаты топографо-анатомических исследований и полученные клинические данные сравнивали между собой, а также с данными научных публикаций других авторов.

### *Статистический анализ*

Все количественные данные, полученные в ходе выполнения топографо-анатомической и клинической частей исследования, были подвергнуты статистической обработке для определения средних значений и соответствующих средних квадратичных отклонений в программе Excel 2016 (Microsoft, USA). Связь результатов лечения со сроками послеоперационного наблюдения оценивали с использованием критерия  $\chi^2$  Пирсона.

### *Результаты исследования*

#### *Результаты топографо-анатомического исследования*

В ходе прецизионного препарирования и проведенных измерений на 12 нефиксированных препаратах нижних конечностей были получены количественные данные, представленные в таблице 1. Среди них важное прикладное значение имеют выявленные расстояния от изученных анатомических структур до определенных точек на установленных пластинах, которые были показаны ранее на рисунке 3.

Особого внимания, на наш взгляд, заслуживают следующие установленные факты. Во-первых, общий малоберцовый нерв при условии соблюдения правильной техники заднелатерального трансмалоберцового доступа и технологии остеосинтеза опорной L-образной пластиной всегда находится

на безопасном от нее расстоянии и не должен повреждаться. Среднее минимальное расстояние от края имплантата до общего малоберцового нерва (без принудительного его отведения) составило  $13,8 \pm 2,5$  мм (в точке 3), а среднее максимальное —  $50,9 \pm 2,4$  мм (в точке 1). Указанный нерв всегда находили на уровне шейки МБК, которую он пересекал под углом в  $12-20^\circ$  на среднем расстоянии  $28 \pm 6$  мм от вершины ее головки.

Во-вторых, расположение дистальной части пластины на большеберцовой кости под мышцами

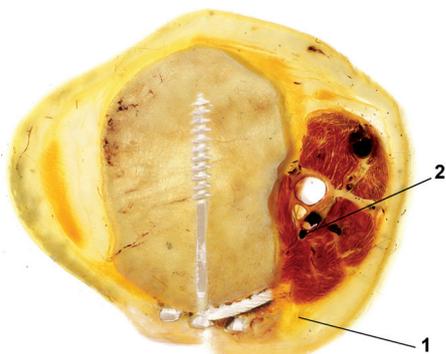
голени, по сути, исключает возможность повреждения ею передней большеберцовой артерии и сопутствующих одноименных вен. При этом среднее расстояние от суставной поверхности ББК до точки выхода этой артерии в передний костно-фасциальный футляр голени (в месте прободения ею межкостной мембраны) составило  $58,1 \pm 3,5$  мм. После этого ствол передней большеберцовой артерии сразу же уходил дистально, изгибаясь под прямым углом, а минимальное расстояние от артерии до края пластины составило  $9,2 \pm 2,1$  мм (в точке 5).

Таблица 1

**Результаты измерений на препаратах в первой серии топографо-анатомического исследования**

Показатель		Среднее значение $\pm$ среднее квадратичное отклонение
Длина сегментов нижней конечности, см – верхняя передняя подвздошная ость (ВППО) – вершина латеральной лодыжки (ВЛЛ) – вершина головки малоберцовой кости (ВГМБК) – ВЛЛ	от ВППО до ВЛЛ	$85,7 \pm 4,5$
	от ВГМБК до ВЛЛ	$37,3 \pm 2,1$
Окружность голени, см	верхняя треть	$36,2 \pm 3,9$
	средняя треть	$37,2 \pm 4,0$
Кратчайшие расстояния от суставной щели до ориентиров (точек) установленных пластин, мм	1	$8,2 \pm 1,1$
	2	$6,1 \pm 0,7$
	3	$5,0 \pm 0,9$
	4	$19,5 \pm 1,1$
	5	$58,7 \pm 1,5$
	6	$116,7 \pm 2,8$
Кратчайшие расстояния от ориентиров (точек) пластин до передней большеберцовой артерии, мм	1	$45 \pm 4$
	2	$45,6 \pm 3,2$
	3	$47,6 \pm 3,7$
	4	$31,1 \pm 3,0$
	5	$9,2 \pm 2,1$
	6	$11,5 \pm 2,4$
Кратчайшие расстояния от ориентиров (точек) пластин до общего малоберцового нерва, мм	1	$50,9 \pm 2,4$
	2	$29,3 \pm 2,9$
	3	$13,8 \pm 2,5$
	4	$14,5 \pm 3,3$
	5	$34,3 \pm 3,1$
Кратчайшее расстояние от суставной щели до ВГМБК, мм		$10,3 \pm 1,5$
Кратчайшее расстояние от суставной щели до передней большеберцовой артерии, мм		$58,1 \pm 3,5$

При анализе гистотопограмм, изготовленных в ходе второй серии топографо-анатомического исследования (рис. 8), были получены важные дополнительные сведения.



**Рис. 8.** Гистотопограмма поперечного среза препарата левой голени на уровне горизонтальной ветви установленной через изученный хирургический доступ L-образной опорной пластины:

- 1 — общий малоберцовый нерв;  
2 — передняя большеберцовая артерия

**Fig. 8.** Histological topogram of transverse section of the left tibia preparation at the level of horizontal part of L-shaped buttress plate:

- 1 — common peroneal nerve;  
2 — anterior tibial artery

Во-первых, было показано, что на сделанных поперечных срезах направление винтов, проведенных через горизонтальную часть L-образной пластины, позволяет надежно фиксировать отломки задней части латерального мыщелка ББК (заднелатеральной колонны плато ББК), а сама пластина служит поддержкой для таких костных отломков и действительно является опорной.

Во-вторых, было подтверждено, что не только на уровне вертикальной части установленных пластин, но и в области расположения их горизонтальной части, недостаточно хорошо визуализируемой в ходе препарирования, общий малоберцовый нерв и передняя большеберцовая артерия находятся на безопасном расстоянии от имплантата. Таким образом, вторая серия топографо-анатомического исследования существенно дополнила результаты первой его серии.

#### *Результаты клинического исследования*

В ходе клинической части исследования, прежде всего, была подтверждена возможность практического использования заднелатерального трансмалоберцового доступа у пациентов с пере-

ломами заднелатеральной колонны плато ББК, а также выявлены его преимущества. В частности, во всех 20 клинических наблюдениях была отмечена хорошая визуализация костных отломков и суставной поверхности плато ББК на соответствующем участке. Благодаря этому во всех случаях удалось провести качественную репозицию костных отломков и уверенно выполнить их фиксацию опорной L-образной пластиной. При этом средняя продолжительность операций, выполненных в сроки от 3 до 8 суток после травмы, составила  $81,0 \pm 8,5$  мин. Следует особо отметить, что в ходе выполненных вмешательств и в ближайшем послеоперационном периоде не было зафиксировано повреждений крупных кровеносных сосудов или ятрогенных нейропатий, а также обширных гематом и гнойных осложнений в области операционной раны.

В качестве технических сложностей, возникших в ходе операций, можно отметить два случая неэффективной фиксации остеотомированного фрагмента головки МБК. В одном из них при введении стягивающего винта произошла фрагментация головки МБК, а в другом наблюдении головка МБК была фрагментирована при остеотомии. У обоих этих пациентов фиксация фрагментов верхней части головки МБК была выполнена спицами и стягивающей проволочной петлей. В обоих случаях костные отломки головки МБК успешно срослись, а заметного влияния на результаты лечения отмечено не было.

Результаты оценки исходов оперативного лечения пациентов по шкалам KSS и Lysholm в сроки до 9 месяцев после выполненных операций представлены в таблицах 2 и 3. По шкале KSS доли отличных и хороших результатов составили соответственно 50% и 45%, а удовлетворительный исход был отмечен только в одном клиническом наблюдении (5%); по шкале Lysholm отличных результатов было 55%, хороших — 40%, удовлетворительных — 5%.

Связь динамики результатов лечения и сроков послеоперационного наблюдения оказалась статистически значимой как при использовании шкалы KSS ( $\chi^2 = 138,1, p < 0,001$ ), так и шкалы Lysholm ( $\chi^2 = 171,5, p < 0,001$ ). Различия в оценочных категориях исходов лечения в различные периоды наблюдения, оцениваемые по двум шкалам, оказались статистически не значимыми ( $p > 0,05$ ). Однако следует отметить существенные ( $\chi^2 = 20,2; p < 0,001$ ) различия в оценках по шкалам при обследовании больных через 6 мес. после операции в пользу более плохих результатов по шкале Lysholm.

Таблица 2

**Оценка функциональных результатов лечения пациентов по шкале KSS**

Результат	Сроки после операции				
	7 – 10 дней	1 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.
Неудовлетворительный	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	0	0
Удовлетворительный	0	0	0	7 (35%)	1 (5%)
Хороший	0	0	0	13 (65%)	9 (45%)
Отличный	0	0	0	0	10 (50%)
В с е г о	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)
Баллы по шкале Среднее±ср. квадр. откл.	40,5±2,5	46±2,6	50,4±2,1	72,1±4,3	84,5±8,1

Таблица 3

**Оценка функциональных результатов лечения пациентов по шкале Lysholm**

Результат	Количество наблюдений				
	7–10 дней	1 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.
Неудовлетворительный	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	3 (15%)	0
Удовлетворительный	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	17 (85%)	1 (5%)
Хороший	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (40%)
Отличный	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (55%)
В с е г о	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)
Баллы по шкале Среднее±ср. квадр. откл.	38,6±2	42±2	46,8±3,1	69±3,6	90,2±7,7

Оценка рентгенологической динамики сращения переломов у пациентов показала, что все они срослись в сроки от 3 до 6 мес. после выполненных операций остеосинтеза. Надежная фиксация костных отломков опорными пластинами позволила подавляющему большинству пациентов (85%) не использовать дополнительную внешнюю иммобилизацию в послеоперационном периоде. Только троим (15%) пострадавшим с многооскольчатыми переломами латерального

мышцелка ББК на фоне сниженной минеральной плотности костной ткани рекомендовали использовать съемный гипсовый тугор на протяжении трех недель с разрешением пассивных движений в коленном суставе.

Изучение данных рентгенографии и компьютерной томографии в динамике позволило оценить смещение костных отломков заднего участка латерального мышцелка ББК в разные сроки после операций остеосинтеза (табл. 4).

Таблица 4

**Смещение фиксированных фрагментов заднего отдела латерального мышцелка ББК в разные сроки после операции**

Величина смещения	Количество наблюдений				
	7–10 дней	1 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.
Не более 2 мм	3	4	5	6	6
Не более 5 мм	2	2	2	1	1
От 6 до 10 мм	1	1	1	2	2
В с е г о	6 (30%)	7 (35%)	8 (40%)	9 (45%)	9 (45%)

В частности, было установлено, что в 6 (30%) случаях наблюдалось не устраненное в ходе операции смещение фрагментов заднего отдела латерального мыщелка ББК. При этом значимые смещения от 2 мм до 5 мм были выявлены в двух наблюдениях (10%), а от 5 до 10 мм — у одного (5%) пациента. Однако значимых изменений углов наклона суставной поверхности плато ББК во фронтальной и сагиттальной плоскостях при этом не отмечалось. В дальнейшем у пациентов наблюдалась известная закономерность прогрессирования смещения костных фрагментов во время увеличения нагрузки на оперированную конечность в процессе реабилитации, что видно из таблицы 4. Однако достаточно надежная фиксация костных отломков L-образной опорной пластины обеспечила к конечному сроку наблюдения (9 месяцев после операции) отсутствие значимых смещений костных отломков в подавляющем большинстве случаев — у 17 (85%) пациентов. Таким образом, доля больных со значимыми смещениями костных отломков (15%) не увеличилась за весь период наблюдения. Об этом же косвенно свидетельствуют хорошие клинические исходы выполненных нами операций остеосинтеза, что подтверждается данными, представленными в таблицах 2 и 3.

### Обсуждение

Проведенное исследование позволило получить новые сведения, свидетельствующие о выполнимости, безопасности с точки зрения повреждения крупных сосудов и нервов, а также о ряде преимуществ заднелатерального трансмалоберцового доступа при остеосинтезе переломов заднелатеральной колонны плато ББК. В частности, безопасность операции была подтверждена прикладными топографо-анатомическими исследованиями, впервые показавшими, что при соблюдении рациональной техники оперативного вмешательства имплантируемая пластина всегда находится на безопасном расстоянии от общего малоберцового нерва и передней большеберцовой артерии. Опасения повредить при остеосинтезе именно эти важные анатомические образования сдерживают широкое клиническое применение изучаемого доступа [12, 20, 21, 22, 23]. Следует также отметить, что результаты выполненного топографо-анатомического исследования были полностью подтверждены 20 собственными клиническими наблюдениями, в которых после применения заднелатерального трансмалоберцового доступа не было выявлено послеоперационных осложнений, связанных с повреждением во время операций остеосинтеза крупных кровеносных сосудов или нервов.

Клиническая часть исследования позволила также сделать вывод о том, что опасения относительно несращения или послеоперационного смещения остеотомированного проксимального фрагмента головки МБК, упоминаемые в некоторых публикациях [22, 23], очевидно, преувеличены. Во всех наблюдениях отделенный во время доступа фрагмент головки МБК успешно сросся в более ранние сроки, чем перелом плато ББК, в том числе в двух наблюдениях, в которых этот участок головки МБК был фрагментирован.

Доказанные преимущества заднелатерального трансмалоберцового доступа перед традиционным переднелатеральным заключаются, на наш взгляд, в возможности хорошей визуализации суставной поверхности поврежденного заднего участка латерального мыщелка ББК, что обеспечивает необходимые условия для качественной репозиции костных отломков. Кроме того, доступность заднелатеральной поверхности плато ББК при изученном хирургическом доступе создает необходимые условия для установки опорной L-образной пластины, которая способна поддерживать сзади и благодаря этому надежно фиксировать отломки. Положительное влияние на результаты имплантации именно задних опорных пластин при переломах задних отделов мыщелков ББК подчеркивалось ранее другими авторами [12–14, 23, 24].

Следует также отметить, что полученные нами результаты согласуются с мнением других исследователей, отмечавших преимущества операций остеосинтеза при обсуждаемых переломах с использованием заднелатерального трансмалоберцового доступа по сравнению со стандартным переднелатеральным, а также с заднелатеральным доступом без остеотомии головки малоберцовой кости [25, 26].

Результаты выполненного нами исследования доказали техническую возможность выполнения и безопасность заднелатерального трансмалоберцового хирургического доступа в ходе операций остеосинтеза у пациентов с внутрисуставными переломами заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости. Его применение позволяет позиционировать пластину на заднелатеральной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости, что обеспечивает проведение фиксирующих винтов в оптимальном направлении и стабильную фиксацию костных отломков за счет реализации опорной функции пластины.

Безусловно, следует учитывать, что операции остеосинтеза при переломах плато большеберцовой кости из задних доступов должны выполняться опытными хирургами в учреждениях, обладающих достаточным оборудованием и рас-

ходными материалами. Кроме того, необходимо принимать во внимание и то, что ряд авторов публикует достаточно хорошие результаты лечения переломов плато ББК и без применения различных заднелатеральных доступов [1, 26].

Таким образом, несмотря на то, что полученные в настоящем исследовании результаты являются обнадеживающими, истинное место изучаемого доступа в хирургии переломов плато ББК будет определено после сравнительного анализа результатов лечения пациентов с переломами заднелатеральных отделов латерального мыщелка ББК с применением традиционного переднелатерального и описанного в этой работе заднелатерально-го трансмалоберцового хирургических доступов.

### Этика публикации

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

### Вклад авторов

Кочиш А.Ю. — прецизионное препарирование и измерения, разработка дизайна исследования, корректура и окончательное редактирование рукописи.

Кислицын М.А. — прецизионное препарирование и измерения, разработка дизайна исследования, обзор публикаций, проведение операций, сбор и анализ данных, написание текста рукописи.

Беленький И.Г. — прецизионное препарирование и измерения, разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, проведение операций, написание текста, корректура и окончательное редактирование рукописи.

Майоров Б.А. — сбор и анализ клинических данных.

Старчик Д.А. — выполнение гистотопограмм, анализ полученных результатов.

### Литература [References]

- Шаповалов В.М., Хоминетс В.В., Рикун О.В., Гладков Р.В. Хирургическое лечение переломов мыщелков большеберцовой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2011;(1):53-60. Shapovalov V.M., Khominets V.V., Rikun O.V., Gladkov R.V. [Surgical treatment of the tibial plateau fractures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia.] 2011;(1):53-60. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2011-0-1-53-60.
- Беленький И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А. Переломы мыщелков большеберцовой кости: современные подходы к лечению и хирургические доступы (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2016;4:114-122. Belen'kii I.G., Kochish A.Iu., Kislitsyn M.A. [Fractures of the tibial condyles: current treatment methods and surgical approaches (literature review)]. *Genij Ortopedii*. 2016;(4):114-122. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2016-4-114-122.
- Yang G., Zhai Q., Zhu Y., Sun H., Putnis S., Luo C. The incidence of posterior tibial plateau fracture: an investigation of 525 fractures by using a CT-based classification system. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(7):929-934. doi: 10.1007/s00402-013-1735-4.
- Zhu Y., Yang G., Luo C.F., Smith W.R., Hu C.F., Gao H., Zhong B., Zeng B.F. Computed tomography-based Three-Column Classification in tibial plateau fractures: introduction of its utility and assessment of its reproducibility. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73(3):731-737. doi: 10.1097/TA.0b013e31825c17e7.
- Sohn H.S., Yoon Y.C., Cho J.W., Cho W.T., Oh C.W., Oh J.K. Incidence and fracture morphology of posterolateral fragments in lateral and bicondylar tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2015;29(2): 91-97. doi: 10.1097/BOT.000000000000170.
- Schatzker J. The rationale of operative fracture care. Berlin ; New York : Springer-Verlag; 1987. pp. 279-295.
- Chang S.M., Hu S.J., Zhang Y.Q., Yao M.W., Ma Z., Wang X. et al. A surgical protocol for bicondylar four-quadrant tibial plateau fractures. *Int Orthop*. 2014;38(12):2559-2564. doi: 10.1007/s00264-014-2487-7.
- Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683-692. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.
- Kfuri M., Schatzker J. Revisiting the Schatzker classification of tibial plateau fractures. *Injury*. 2018;49(12): 2252-2263. doi: 10.1016/j.injury.2018.11.010.
- Zhu Y., Hu C.F., Yang G., Cheng D., Luo C.F. Interobserver reliability assessment of the Schatzker, AO/OTA and three-column classification of tibial plateau fractures. *J Trauma Manag Outcomes*. 2013;7(1):7. doi: 10.1186/1752-2897-7-7.
- Yao X., Xu Y., Yuan J., Lv B., Fu X., Wang L. et al. Classification of tibia plateau fracture according to the "four-column and nine-segment". *Injury*. 2018;49(12): 2275-2283. doi: 10.1016/j.injury.2018.09.031.
- Lin K.C., Y.W. Tarng, G.Y. Lin, S.W. Yang, C.J. Hsu, RennJ.H. Prone and direct posterior approach for management of posterior column tibial plateau fractures. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(4):477-482. doi: 10.1016/j.otsr.2014.12.021.
- Gavaskar A.S., Gopalan H., Tummala N.C., Srinivasan P. The extended posterolateral approach for split depression lateral tibial plateau fractures extending into the posterior column: 2 years follow up results of a prospective study. *Injury*. 2016;47(7):1497-1500. doi: 10.1016/j.injury.2016.04.021.
- Lobenhoffer P. Posterolateral transfibular approach to tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2011;25(3):e31. author reply e31. doi: 10.1097/BOT.0b013e31820b809a.
- Sun H., Zhai Q.L., Xu Y.F., Wang Y.K., Luo C.F., Zhang C.Q. Combined approaches for fixation of Schatzker type II tibial plateau fractures involving the posterolateral column: a prospective observational cohort study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135(2): 209-221. doi: 10.1007/s00402-014-2131-4.
- Sun H., Luo C.F., Yang G., Shi H.P., Zeng B.F. Anatomical evaluation of the modified posterolateral approach for posterolateral tibial plateau fracture. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2013;23(7):809-818. doi: 10.1007/s00590-012-1067-z.
- Kettelkamp D.B., Chao E.Y. A method for quantitative analysis of medial and lateral compression forces at the knee during standing. *Clin Orthop Relat Res*. 1972;83: 202-213. doi: 10.1097/00003086-197203000-00037.

18. Tegner Y., Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;(198): 43-49.
19. Старчик Д.А. Методические основы пластинации распилов тела. *Морфология.* 2015;(4):56-61. Starchik D.A. The methodological basis for the platination of body sawcuts. *Morfologiya* [Morphology]. 2015;(4):56-61.
20. Heidari N., Lidder S., Grechenig W., Tesch N.P., Weinberg A.M. The risk of injury to the anterior tibial artery in the posterolateral approach to the tibia plateau: a cadaver study. *J Orthop Trauma.* 2013;27(4):221-225. doi: 10.1097/BOT.0b013e318271f8f0.
21. Chu X., Liu X., Chen W., Gao J., Luo Y., Zhu J. et al. [Clinical study on treatment of posterolateral fracture of tibial plateau via superior fibular head approach]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2013;27(2):155-159. (In Chinese).
22. Solomon L.B., Stevenson A.W., Baird R.P., Pohl A.P. Posterolateral transfibular approach to tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;24:505-514. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181ccba4b.
23. Pires R.E., Giordano V., Wajnsztein A., Oliveira Santana E.J., Pesantez R., Lee M.A., de Andrade M.A. Complications and outcomes of the transfibular approach for posterolateral fractures of the tibial plateau. *Injury.* 2016;47(10):2320-2325. doi: 10.1016/j.injury.2016.07.010.
24. Кутепов С.М., Волокитина Е.А., Гилев М.В., Антониади Ю.В. Хирургическое лечение двухмыщелковых переломов большеберцовой кости. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(1):81-88. Kutepov S.M., Volokitina E.A., Gilev M.V., Antoniadu Y.V. [Surgical management of bicondylar tibia fractures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia.] 2017;23(1):80-88. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-80-88.
25. Frosch K.H., Balcarek P., Walde T., Stürmer K.M. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;24(8):515-520. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181e5e17d.
26. Solomon L.B., Stevenson A.W., Lee Y.C., Baird R.P., Howie D.W. Posterolateral and anterolateral approaches to unicondylar posterolateral tibial plateau fractures: a comparative study. *Injury.* 2013;44:1561-1568. doi: 10.1016/j.injury.2013.04.024.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Кочиш Александр Юрьевич* — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры оперативной хирургии с топографической анатомией, ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО России, Санкт-Петербург

*Кислицын Михаил Андреевич* — врач травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская больница № 38 им. Н.А. Семашко», Санкт-Петербург, Россия

*Беленький Игорь Григорьевич* — д-р мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Майоров Борис Александрович* — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиническая межрайонная больница», г. Всеволожск; ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Старчик Дмитрий Анатольевич* — д-р мед. наук, заведующий кафедрой морфологии человека, ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; профессор кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Aleksandr Yu. Kochish* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Science and Education, Russian Vreden Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopaedics; Professor, Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Mikhail A. Kislitsyn* — Orthopedic Surgeon, Semashko City Hospital No. 38, St. Petersburg, Russian Federation

*Igor' G. Belen'kii* — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Department of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Boris A. Mayorov* — Cand. Sci. (Med.), Head of Department of Traumatology and Orthopaedics, Vsevolozhsk Clinical Interdistrict Hospital, Vsevolozhsk; Assistant, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Department of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Dmitriy A. Starchik* — Dr. Sci. (Med), Professor, Head of Human Morphology Department, Mechnikov North-West State Medical University; Professor, Department of Clinical Anatomy and Operative Surgery, Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

## Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК ФК2

А.В. Петряйкин<sup>1</sup>, М.Я. Смолярчук<sup>1</sup>, Ф.А. Петряйкин<sup>2</sup>, Л.А. Низовцова<sup>1</sup>,  
З.Р. Артюкова<sup>3</sup>, К.А. Сергунова<sup>1</sup>, Е.С. Ахмад<sup>1</sup>, Д.С. Семенов<sup>1</sup>,  
А.В. Владимирский<sup>1</sup>, С.П. Морозов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет), Москва, Россия

### Резюме

**Цель исследования** — оценить показатели точности измеряемых методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) минеральной плотности кости, минерального содержания кости, площади выделяемой зоны интереса, а также степень влияния на указанные значения наличия жирового слоя и коррекции автосегментирования области позвоночника. **Материал и методы.** Исследования проведены на ДРА-сканере iDXA с использованием разработанного фантома РСК ФК2, моделирующего поясничную область позвоночника и имеющего вкладки для имитирования подкожно-жировой клетчатки (ПЖК). Для корректной оценки показателей точности (воспроизводимости и относительной ошибки) выполнялись пятикратные повторные сканирования. Использовались две модификации фантома РСК ФК2: с моделированием ПЖК и без моделирования, а также два метода выделения области исследования позвоночника: автоматический и коррекция автосегментирования зоны интереса. **Результаты.** Сканирование фантома без вставок ПЖК продемонстрировало систематическое занижение показателей минеральной плотности кости (МПК) и минерального содержания кости (МСК) на всем интервале измеренных значений: средняя относительная погрешность МПК для интервала L1-L4 составила 10,62% с автосегментированием и 7,43% — с его коррекцией. Наименьшая относительная погрешность для МПК и МСК (1,53% и 0,90% соответственно) отмечалась при моделировании ПЖК с коррекцией автосегментации позвоночника. Анализ коэффициента вариации площади позвонков, МСК и МПК показал, что воспроизводимость результатов измерений достаточно высокая, и составила в интервале позвонков L1-L4 для МПК без учета ПЖК 1,00% (автосегментирование) и 0,56% (коррекция). С моделированием ПЖК для интервала позвонков L1-L4 CV = 1,00% (автосегментирование) и 0,68% (коррекция). **Выводы.** При измерениях с имитацией ПЖК наблюдается меньшее значение относительной ошибки, а коэффициент вариации при повторных измерениях не превышает 1% для заданного диапазона МПК. Усредненная относительная погрешность МСК при соблюдении оптимальных условий сканирования также не превышает 1%. Разработанный фантом перспективен для определения кратковременной и долговременной воспроизводимости денситометрических исследований, оптимизации условий сканирования, сравнения ДРА-сканеров в ходе кросс-калибровочных испытаний.

**Ключевые слова:** двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, минеральная плотность кости, точность, воспроизводимость, фантом.

Петряйкин А.В., Смолярчук М.Я., Петряйкин Ф.А., Низовцова Л.А., Артюкова З.Р., Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Владимирский А.В., Морозов С.П. Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК ФК2. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):124-134. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134.

**Cite as:** Petraikin A.V., Smolyarchuk M.J., Petryaykin F.A., Nizovtsova L.A., Artyukova Z.R., Sergunova K.A., Akhmad E.S., Semenov D.S., Vladzmyrsky A.V., Morozov S.P. [Assessment the Accuracy of Densitometry Measurements Using DMA PP2 Phantom]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):124-134. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134.

✉ Петряйкин Алексей Владимирович / Alexey V. Petraikin; e-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 16.08.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 15.09.2019.

## Assessment the Accuracy of Densitometry Measurements Using DMA PP2 Phantom

A.V. Petraikin<sup>1</sup>, M.J. Smolyarchuk<sup>1</sup>, F.A. Petryaykin<sup>2</sup>, L.A. Nizovtsova<sup>1</sup>, Z.R. Artyukova<sup>3</sup>, K.A. Sergunova<sup>1</sup>, E.S. Akhmad<sup>1</sup>, D.S. Semenov<sup>1</sup>, A.V. Vladzimirsky<sup>1</sup>, S.P. Morozov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

### Abstract

**Purpose of the study** — to assess the accuracy of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) for measurements of mineral bone density, bone mineral content, area of selected spine zone of examination as well as impact of subcutaneous fat layer and correction of auto-segmenting of the spine on the mentioned parameters. **Material and Methods.** The study was performed on iDXA scanner using the designed phantom DMA PP2 of the lumbar spine with inlays to simulate subcutaneous fat (SF). To ensure correct assessment of measurements (precision and accuracy) the authors performed fivefold repeated scanning. Two modifications of the phantom were used, with and without SF inlays, as well as two methods for selection of spine range for examination — automatic and correction of auto-segmentation. **Results.** Scanning of the phantom without SF inlays demonstrated a systematic understated values of bone mineral density (BMD) and bone mineral content (BMC) along the full measured interval: mean relative error of BMD for L1-L4 interval was 10.62% with automatic segmentation and 7.43% — with correction of auto-segmentation. The least accuracy for BMD and BMC (1.53% and 0.90%, respectively) was observed during SF simulation and with correction of auto-segmentation of the spine. Analysis of variation coefficient for area of examined vertebrae, BMC and BMD demonstrated rather high precision of measurements, namely for BMD without SF in the L1-L4 interval amounted to 1.00% (auto-segmentation) and 0.56% (correction). Variation coefficient for scanning including SF inlays in the interval L1-L4 was 1.00% (auto-segmentation) and 0.68% (correction). **Conclusion.** The lowest level of accuracy was observed with the SFL object; in this case, the variation coefficient did not exceed 1% for all BMD interval. The mean value of the BMC accuracy also did not exceed 1% with the optimal scan parameters. The study proved the effectiveness of “RSK PK2” phantom when estimating the accuracy of BMD and BMC on iDXA scanner.

**Keywords:** dual energy x-ray absorptiometry, bone mineral density, accuracy, precision, phantom.

### Введение

Распространенность остеопороза в Москве в возрастной группе старше 50 лет составляет у женщин 33,8%, у мужчин — 26,9% (по результатам рентгеновской денситометрии поясничного отдела позвоночника и проксимального отдела бедренной кости случайной популяционной выборки жителей) [1]. Общее число случаев перелома проксимального отдела бедренной кости в России в 2010 г. составляло 112 тыс. случаев, а к 2035 г. ожидается увеличение этих показателей: у мужчин на 36%, а у женщин на 43%, до 159 тыс. случаев переломов в год, что обусловлено увеличением продолжительности жизни [2].

Для диагностики остеопороза с успехом применяются двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) и количественная компьютерная томография (ККТ) [3, 4]. Согласно рекомендациям International Society for Clinical Densitometry и Министерства здравоохранения Российской Федерации, диагноз остеопороза обосновывается

снижением минеральной плотности кости (МПК) в любой из трех зон центральной денситометрии (позвоночник L1-L4, шейка бедренной кости, весь проксимальный отдел бедренной кости) более чем на 2,5 средних квадратичных отклонения (СКО) относительно средних значений для населения в возрасте 20–30 лет, т.е. остеопорозу соответствует T-критерий менее 2,5 СКО [3, 5].

Благодаря программе модернизации здравоохранения Москвы, количество ДРА-сканеров только в системе Департамента здравоохранения увеличилось с 25 в 2010 г. до 49 в 2014 г., и такое количество остается до 2018 г. Согласно отчетной форме № 30 «Сведения о медицинской организации», в 2018 г. в Москве было выполнено 93 тыс. исследований ДРА.

Точное определение МПК необходимо для корректной постановки диагноза «osteoporosis», начала антирезорбтивной терапии с целью профилактики переломов. С помощью денситометрии осуществляется также контроль за проводимым

лечением, и мониторинг возрастных изменений [3, 6]. При проведении ДРА регистрируются показатели минерального содержимого кости (МСК); площадь зоны интереса, затем проводится расчет МПК как отношение МСК к площади исследуемой зоны. Для оценки точности проводимых денситометрических исследований используются два основных показателя: относительная погрешность (ассигасу) и воспроизводимость (precision) [7, 8]. Показатель воспроизводимости более важен, чем относительная ошибка, поскольку позволяет оценить техническую стабильность работы оборудования во времени. В клинической практике также большее значение уделяется оценке воспроизводимости, т.к. она демонстрирует, насколько значимы выявленные изменения МПК у пациентов при повторном измерении (например, в ходе лечения или возрастных изменений). Выделяют кратковременную воспроизводимость (short term precision) — стабильность измерений сканера в течение одного рабочего дня (или в течение одной недели) и долгосрочную воспроизводимость (long term precision) — в течение большего промежутка времени (несколько месяцев, годы) [9].

Несмотря на большое количество выполненных работ, посвященных определению точности денситометрических исследований, проблема остается актуальной для проведения сравнения результатов измерений МПК на денситометрах разных производителей, кросс-калибровок различных денситометров, формирования нормативных баз данных по МПК [10, 11]. Для выполнения указанных работ разработаны модели фантомов, в частности антропоморфный фантом ESP (European spine phantom) [12] и другие. Фантомы позволяют не только оценивать работу отдельных сканеров, но и изучать факторы, влияющие на точность проводимых измерений, например при имитации подкожно-жировой клетчатки (ПЖК) [13, 14]. Ранее была продемонстрирована работа фантома РСК ФК1 (разработка средств контроля — фантом калиевый, первая модификация),

включающего модели объемной и проекционной МПК позвоночника в широком диапазоне [15]. Использование данного фантома позволяет проводить анализ точности денситометрических исследований как для рутинной ДРА, так и для ККТ исследований.

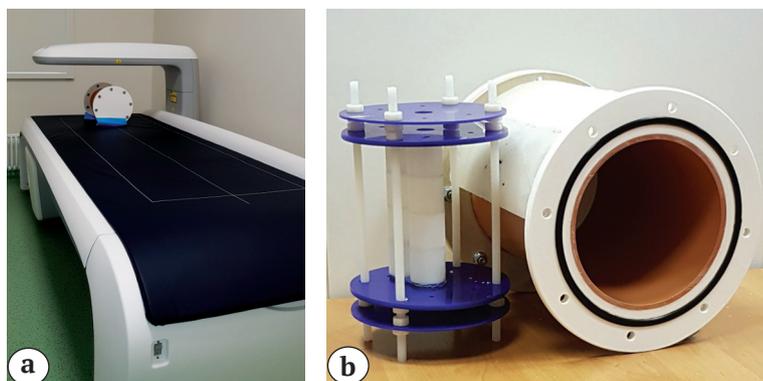
**Цель исследования** — оценить показатели точности измеряемых методом ДРА минеральной плотности кости, минерального содержания кости, площади выделяемой зоны интереса, а также степень влияния на указанные значения наличия жирового слоя и коррекции автосегментирования области позвоночника.

## Материал и методы

### Фантом РСК ФК2

Фантом представляет собой полый цилиндр с внутренним диаметром 18 мм, стенки которого выполнены из полипропилена (толщиной 1 см), с торцов он герметично закрывается фланцевыми соединениями (рис. 1) [15]. Внутренняя полость фантома заполнена дистиллированной водой, в нее помещается пластиковый штатив с четырьмя фиксированным моделями позвонков. Также выполняется моделирование ПЖК путем добавления двух циркулярных парафиновых накладок толщиной 38 мм.

Модели позвонков состоят из цилиндра, имитирующего губчатое вещество тела позвонка, и параллелепипеда, имитирующего кортикальный слой. Модели были изготовлены путем фрезерования из сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Структурные элементы заполняются раствором гидроортофосфата калия  $K_2HPO_4$ , который традиционно используется для моделирования минеральной плотности. Характеристики моделей позвонков РСК ФК2 представлены в таблице. Погрешность при приготовлении раствора для моделирования МСК составляет 1,0%, а погрешность расчета результирующей площади элементов, обосновываемая ошибкой изготовления элементов методом фрезерования, 0,5%.



**Рис. 1.** Сканирование фантома РСК ФК2 на денситометре iDXA:  
 а — расположение фантома на денситометре iDXA LUNAR (GE);  
 б — конструкция фантома  
**Fig. 1.** Examination of DMA PP2 phantom on iDXA scanner:  
 а — positioning of the phantom in the iDXA LUNAR (GE) densitometer;  
 б — phantom design

Основные характеристики фантома РСК ФК2

Маркировка позвонков в фантоме	Объемная МПК для тела позвонка, мг/мл	Проекционная МПК, г/см <sup>2</sup>	МСК, г
L1	50,14	0,586	10,26
L2	100,19	0,886	15,50
L3	150,38	1,177	20,60
L4	200,49	1,475	25,82

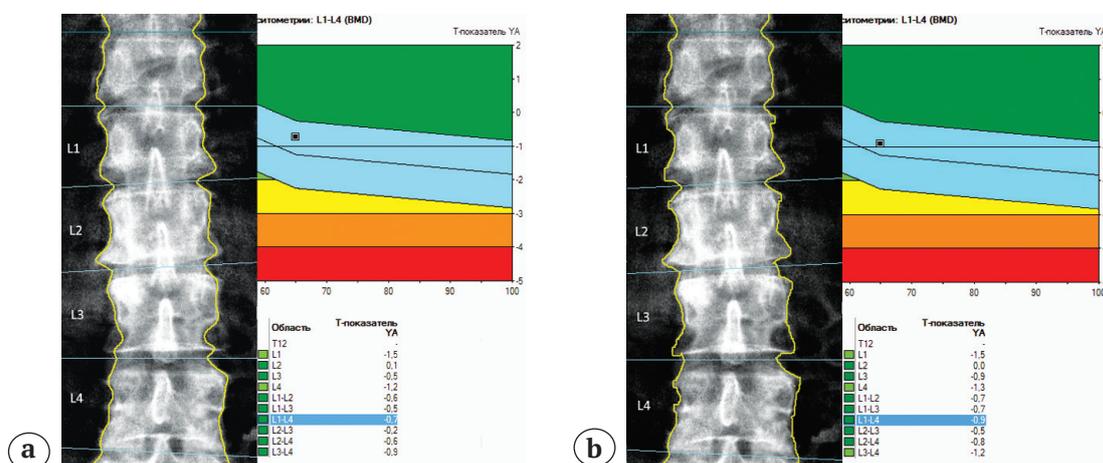
Заданный объем позвонка (тела и кортикального блока) — 68,64 мл. Заданная площадь кортикального блока — 17,5 см<sup>2</sup>. Относительная погрешность заданной МСК ± 1%. Относительная погрешность площади кортикального блока ± 0,5%.

**ДРА-сканирование**

Сканирование фантома проводилось на денситометре iDXA LUNAR (GE, USA), который реализует технологию Narrow Fan Beam, что существенно повышает производительность и точность выполняемых исследований. Измерения фантома РСК ФК2 осуществлялись по стандартной методике сканирования, применяемой для данного сканера. Были указаны следующие параметры для фантома РСК ФК2: возраст — 79 лет, вес — 70 кг. Для оценки показателей точности, согласно рекомендациям международного общества клинической денситометрии [3], было выполнено пятикратное сканирование путем снятия фантома со

стола сканирования и последующего его позиционирования. Сканирование фантома проводилось для двух конфигураций: с имитацией ПЖК и без нее.

После завершения процесса сканирования происходит автоматическое выделение области, включающей позвонки, с последующим расчетом показателей МПК. В рамках данной работы для сравнения результатов измерения МПК была также проведена коррекция автосегментирования специалистом, выполняющим ДРА. Сравнение результатов ДРА показывает, что Т-критерий может уменьшаться при проведении коррекции автоматического выделения области позвонков (рис. 2).



**Рис. 2.** Результаты ДРА-сканирования позвоночника пациентки 65 лет, ИМТ 30,4: а — до проведения коррекции сегментации: Т-критерий L1-L4 составил -0,7 SD, что соответствует норме; б — после коррекции автосегментации: Т-критерий L1-L4 снизился на 0,2 SD и составил -0,9 SD, оставаясь в пределах нормальных показателей, тогда как для позвонков L3-L4 Т-критерий уменьшился с -0,9 SD до -1,2 SD, что соответствует остеопении

**Fig. 2.** DXA measurements, female patient, 65 y.o., BMI 30,4: а — prior to correction of auto-segmenting: T-criteria L1-L4 was 0,7 SD corresponding to the norm; б — after correction of auto-segmentation: T-criteria L1-L4 reduced by 0.2 SD amounting to 0.9 SD remaining within the normal range, while for L3-L4 the T-criteria reduced up to 1.2 SD corresponding to osteopenia

**Анализ результатов**

Относительная ошибка (ε%) показывает, насколько отличается измеренное значение от заданного. Для правильной оценки точности измерений необходимо проводить трудоемкие исследования, основанные на измерении плотности сухого минерального остатка золы и сравнения с МПК по результатам ДРА костных препаратов. По полученным O.L. Svendsen с соавторами данным, разница показателей может составлять от 0 до 15%, что может быть объяснено различным составом мягких тканей тела человека, содержанием жира в костях и костном мозге, а также неточным автоматическим сегментированием. Было показано, что допустимые погрешности составляют 6–7% при оценке МПК позвоночника в прямой проекции [16].

Для оценки точности воспроизводимости применяются несколько показателей: среднее квадратическое отклонение (СКО) измеряемой величины, коэффициент вариации CV % [7] и LSC (Least Significant Change) — показатель, определяющий достоверный диапазон значимых различий (95% ДИ) при повторных измерениях [17]. Также используется оценка среднеквадратичного отклонения измеренных стандартных отклонений (root mean square SD) [9].

Анализ результатов измерений (МПК, МСК и площадь позвонков) проводился для двух конфигураций фантома: с имитацией ПЖК или без нее. По результатам каждого из пяти независимых сканирований фантома программным обеспечением iDXA формировался отчет, в котором указывались измеренные показатели для каждого элемента

фантома в отдельности и средний по результатам оценки четырех секций. Рассчитывалось среднее значение и СКО, по которым в дальнейшем проводилась оценка показателей точности путем расчета воспроизводимости (CV) по формуле 1 и относительной ошибки (ε) по формуле 2:

$$CV\% = \frac{СКО}{\text{среднее}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\varepsilon\% = \frac{\text{измеренное} - \text{заданное}}{\text{заданное}} \times 100\% \quad (2)$$

При расчете относительной ошибки для отдельных позвонков не использовался модуль величины, т. е. если средняя измеренная величина ниже заданной, то ε<0, а если выше, то ε>0. Оценочные средние значения ε для интервала четырех секций рассчитаны как средние абсолютные значения для отдельных позвонков.

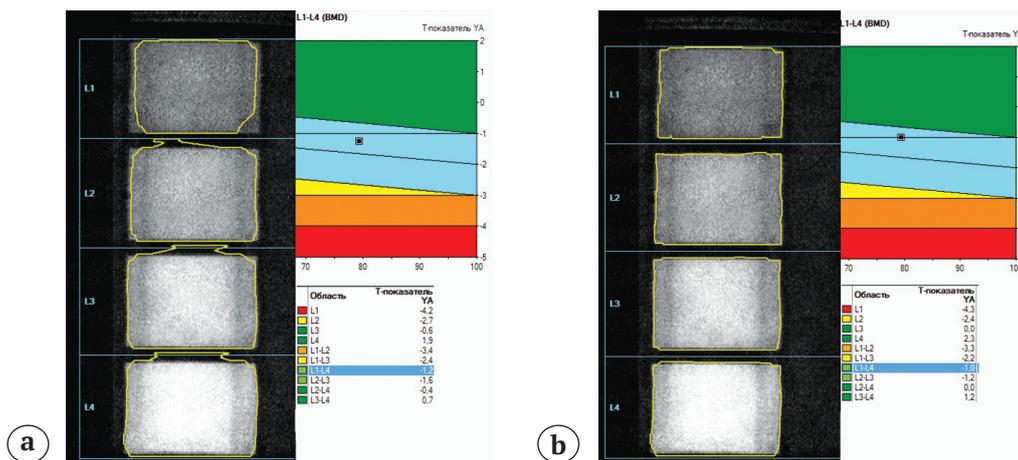
Определение МПК при технологии ДРА производится делением МСК на измеренную площадь согласно формуле 3:

$$\text{МПК (г/см}^2\text{)} = \frac{\text{МСК (г)}}{\text{площадь (см}^2\text{)}} \quad (3)$$

В ходе работы выполнялось сравнение количественных показателей точности для двух методов сегментирования области позвонков: автоматического и после коррекции.

**Результаты**

Результаты сегментации и расчета МПК для автоматического выделения площади и после коррекции представлены на рисунке 3.



**Рис. 3.** Результаты исследования фантома на ДРА-сканере: а — результаты автоматического выделения площади; б — результаты коррекции автоматического выделения площади

**Fig. 3.** Results of phantom examination on DXA scanner: а – after automatic segmentation; б – after correction of auto-segmentation

Разработанный фантом РСК ФК2 имеет характеристики проекционной МПК и МСК с погрешностью, не превышающей 1%. Высокотехнологические методы позволили изготовить модели позвонков с минимальной погрешностью, которая делает вклад в ошибку площади не более 0,5%, что дает возможность оценить работу программы автосегментирования. Для наглядного анализа полученного материала были построены графики зависимости измеренных величин от заданных (рис. 4).

На рисунке представлены результаты проведенных сканирований фантома РСК ФК2: зависимости измеренной МПК от заданной величины (рис. 4, a, d), МСК (рис. 4, b, e) и площади позвонков (рис. 4, c, f).

### *Анализ относительной ошибки измерений*

Показано, что измерения без учета ПЖК приводят к систематическому занижению показателей МПК и МСК на всем интервале измеренных значений. Средняя относительная ошибка ( $\epsilon$ , %) МПК для интервала L1-L4 в этом случае составляет с автосегментированием -10,62%, а при коррекции автосегментирования равняется -6,39%.

При фантомной имитации ПЖК показатели МПК и МСК определяются максимально точно. Наиболее приближены показатели МПК и МСК к идеальной калибровочной прямой при моделировании ПЖК и коррекции автосегментации: относительная ошибка показателей равна 1,53% и 0,90% соответственно, в то время как при автосегментировании относительная ошибка больше: для МПК — 3,80%, для МСК — 3,26%.

Были оценены показатели ошибки не только для всего интервала L1-L4, но и отдельно для каждого позвонка. Так, при автосегментировании наблюдается увеличение ошибки измерений МСК за счет позвонков L1, L2, для которых относительные ошибки равны -6,80% и -3,38% соответственно. Это вызвано недооценкой площади данных позвонков: относительная ошибка определения площади для L1 достигает -8,97% (рис. 3а, рис. 4е), в результате чего минеральное вещество в краевых участках позвонка не включается в расчет. Между тем для позвонка L1 при автосегментации значение МПК определяется достаточно точно, поскольку сниженное значение МСК компенсируется меньшим значением площади (см. формулу 3).

Для позвонков с высокой плотностью L3 и L4, наоборот, происходит переоценка площади при автосегментировании с относительной ошибкой

5,57% (см. рис. 3а). Однако это мало влияет на регистрируемые значения МСК. Например, для наблюдения без учета ПЖК относительная ошибка выделяемой площади  $\epsilon = -3,72\%$  (автосегментирование) и  $\epsilon = -2,75\%$  (коррекция), но отмечается существенное занижение МПК:  $\epsilon = -8,79\%$  (автосегментирование) и  $\epsilon = -2,75\%$  (коррекция), поскольку МПК — это расчетная величина по формуле 3.

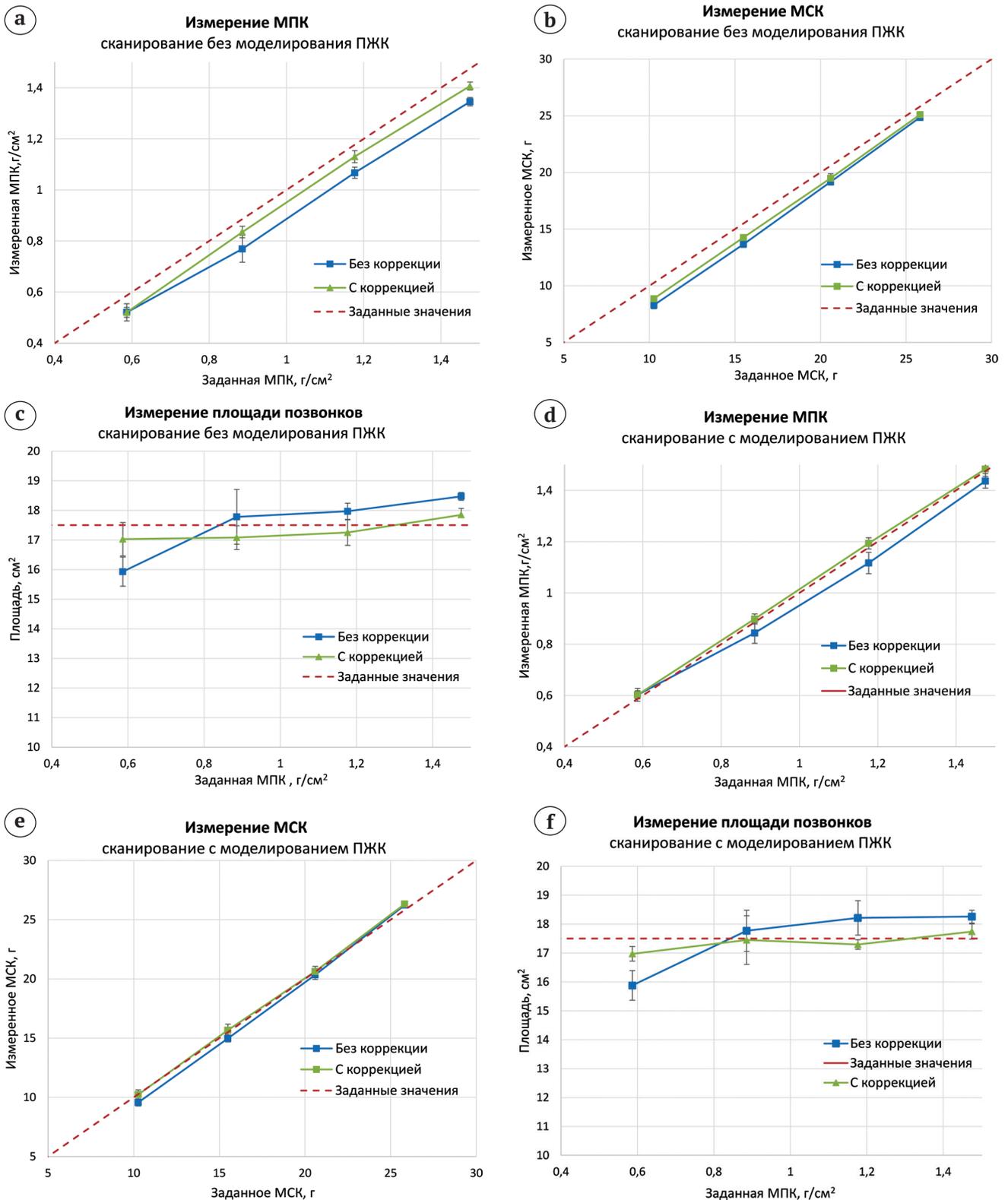
Размах относительной погрешности определения площади для интервала позвонков от L1 до L4 при автосегментировании без ПЖК равен 14,54%, а с коррекцией 4,7%. При моделировании ПЖК размах относительной погрешности составляет при автосегментировании — 13,61%, с коррекцией автосегментации — 4,4%. Таким образом, моделирование ПЖК не оказывает влияния на выделение области позвонков ни с автосегментированием, ни с его коррекцией. Размах относительной погрешности определения площади позвонков после ручной коррекции автосегментатора снизился в 3,1 раза в обоих вариантах сканирования.

### *Анализ воспроизводимости*

Анализ точности определения показателей площади позвонков, МСК и МПК, выраженной как коэффициент вариации CV% (формула 1), показал, что воспроизводимость результатов измерений достаточно высокая и составляет для интервала позвонков L1-L4 для МПК без учета ПЖК 1,00% (автосегментирование) и 0,56% (коррекция автосегментирования). С моделированием ПЖК для интервала позвонков L1-L4 CV = 1,00% (автосегментирование) и 0,68% (коррекция).

Воспроизводимость оценки площади позвонков для диапазона L1-L4 без учета ПЖК составила 0,70% (автосегментирование) и 0,44% (коррекция), а с моделированием ПЖК 0,77% (автосегментирование) и 0,97% (коррекция). Воспроизводимость измерения МСК для интервала позвонков L1-L4 без учета ПЖК составила CV = 0,38% (автосегментирование) и CV = 0,34% с коррекцией; CV = 0,71 с учетом ПЖК и автосегментированием и CV = 0,85% с коррекцией.

Усредненное значение СКО для средних значений МПК в интервале L1-L4 в четырех вариантах измерений (с учетом / без учета ПЖК, автосегментирование/коррекция) составило 0,0097 г/см<sup>2</sup>, что значительно меньше величины 0,01 г/см<sup>2</sup>, заявленной фирмой производителем ДРА-сканера. Полученные значения воспроизводимости МПК в широком диапазоне значений также не превышают заявленные производителем ДРА-сканера величины: CV = 1%.



**Рис. 4.** Графики зависимости измеренных значений МПК (а, д), МСК (б, е) и площади позвонков (с, ф) от соответствующих заданных показателей. Пунктирная линия соответствует «идеальной» прямой при совпадении заданных и измеренных значений. Отмечены средние значения величин ( $n = 5$ ) и 95% ДИ. Синие линии соответствуют значениям при автоматической сегментации области позвонков, а зеленые — после коррекции

**Fig. 4.** Graphs demonstrating relation of BMD values (a, d), bone mineral content (b, e) and area of vertebrae (c, f) to corresponding given parameters. Dotted line corresponds to the “ideal” straight line at matching of given and measured values. Mean values ( $n = 5$ ) and 95% CI are marked. Blue lines on each graph correspond to values obtained with automatic segmentation of vertebrae, green lines — values after correction

## Обсуждение

При проведении ДРА большое значение имеет оценка точности измерений, поскольку проекционная МПК и рассчитанный T-критерий лежат в основе диагностики остеопороза, согласно клиническим рекомендациям по остеопорозу [5]. Рекомендуемый производителем метод автосегментирования области интереса обусловлен требованиями минимизации времени сканирования и снижения влияния оператора на результаты измерения. Полученные в нашей работе результаты показывают, что необходима оптимизация алгоритмов автосегментирования или внедрение рекомендаций для операторов по усовершенствованию работы. К сожалению, в литературе нет сравнительных исследований оценок МПК при разных методах сегментирования. Однако рассматривается применение программы обработки для оценки объема висцерального жира [18].

Представленные в нашей статье результаты сопоставимы с аналогичными исследованиями, проведенными с применением фантома ESP (European Spine Phantom) для разных моделей ДРА-сканеров [13, 19]. Например, был оценен максимальный разброс относительной погрешности определения МПК на сканерах Lunar Prodigy (GE) в диапазоне МПК 0,5–1,5 г/см<sup>2</sup>, который составил 8,9% [13], тогда как в нашем исследовании в диапазоне МПК 0,58–1,47 г/см<sup>2</sup> разброс относительной погрешности без учета ПЖК равен 2,41%, а с ПЖК 5,35%.

В работе J. Saarelainen с соавторами [19] с ESP фантомом на сканере iDXA показано, что средняя воспроизводимость (CV) определения МПК составляет 0,42%, МСК 0,49%, площадь 0,51%. Этим значениям соответствуют полученные в нашем исследовании результаты с корректировкой автосегментирования: МПК 0,56%, МСК 0,34% и площадь 0,44%, без коррекции автосегментирования значения CV несколько выше.

Оценку воспроизводимости денситометрических исследований также проводили А.С. Аврунин с соавторами [20, 21, 22] с использованием другой методики, основанной на расчете относительного размаха измеренных величин, выраженного в виде разницы максимального и минимального значения. По результатам сканирования на фантоме QDR Delphi, моделирующем область поясничных позвонков, авторы получили значения воспроизводимости для L1-L4 2,0%. Используя аналогичную методику для анализа наших данных, были получены сходные средние значения ошибки воспроизводимости 2,3% при сканировании без коррекции автосегментирования и 1,6% после коррекции области выделения.

Полученные данные многократного сканирования фантома позволяют провести анализ точ-

ности исследований, согласно рекомендациям ISCD [3], т.е. косвенно оценить показатель LSC, который соответствует 95% перцентили дисперсии измеренных значений. Это значение можно оценить следующим образом:  $LSC \sim (СКО \times 1,96)$ . Это 95% ДИ значений МПК для последующих измерений. Так, при условии сканирования без ПЖК с автосегментированием для интервала позвонков L1-L4  $СКО = 0,0094$  г/см<sup>2</sup>, тогда оценка  $LSC = 0,0094 \times 1,96 = 0,018$  г/см<sup>2</sup>. При моделировании ПЖК и выполнении ручной коррекции выделения площади  $LSC = 0,0101 \times 1,96 = 0,019$  г/см<sup>2</sup>. Эти данные сопоставимы, хотя несколько выше результатов многократных измерений LSC по рекомендациям ISCD, выполненным на iDXA ( $LSC = 0,014$  г/см<sup>2</sup>) [11]. Фантом PCK ФК2 перспективен для разработки методики оценки LSC без сканирования пациентов, которое актуально в условиях отсутствия нормативно-правовой базы для подобного рода исследований (без медицинских показаний), т.к. по рекомендациям ISCD необходимо проведение повторных сканирований 30 пациентов.

Применение в разработанном фантоме двух вариантов модификации (с моделированием ПЖК и без) обеспечивает проведение кросс-калибровки исследований на разных аппаратах, учитывая значение ИМТ пациентов. Например, результаты сканирования фантомов разных типов, включая ESP, продемонстрировали идентичность измерений МПК для двух сканеров Lunar iDXA и Prodigy, однако последующие исследования пациентов с разными ИМТ выявили различия в измерениях МПК, что позволило уточнить параметры кросс-калибровки [11]. Продемонстрированное в нашей работе влияние жировой ткани, приводящее к относительному повышению измеренной МПК, согласуется с результатами клинических данных, полученных при наблюдении пациентов с ожирением после бариатрического лечения [23].

Результаты показали высокую точность проводимых исследований для ДРА-денситометра, которая соответствует заявленному производителем диапазону. При автосегментировании происходит занижение оценки площади у моделей позвонков с низкой плотностью и завышение — у позвонков с высокой плотностью, что снижает точность определения минеральной плотности кости. При сканировании фантома без имитации подкожно-жировой клетчатки наблюдается занижение показателей минеральной плотности. Разработанный фантом перспективен для определения кратковременной и долговременной воспроизводимости денситометрических исследований, оптимизации условий сканирования, сравнения ДРА-сканеров в ходе кросс-калибровочных испытаний.

## Благодарность

Авторы выражают благодарность фирме ООО «АБ Универсал», Шаюкову Сергею Ахметризовичу за помощь в изготовлении фантома.

## Этика публикации

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование

## Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования — А.В. Петряйкин, М.Я. Смолярчук, Л.А. Низовцова.

Сбор и обработка материала — З.Р. Артюкова, Д.С. Семенов.

Статистическая обработка — Ф.А. Петряйкин, К.А. Сергунова, З.Р. Артюкова.

Написание текста — А.В. Петряйкин, Е.С. Ахмад, Ф.А. Петряйкин.

Редактирование — С.П. Морозов, А.В. Владзимирский, Л.А. Низовцова.

## Литература [References]

1. Михайлов Е.Е., Беневоленская Л.И. Эпидемиология остеопороза и переломов. В кн.: Руководство по остеопорозу. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2003. С. 10-55.
2. Mikhailov E.E., Benevolenskaya L.I. [Epidemiology of osteoporosis and fractures]. In: [Osteoporosis Guide]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy; 2003. p. 10-55. (In Russian).
3. Lesnyak O., Ershova O., Belova K., Gladkova E., Sinitsina O., Ganert O. et al. Epidemiology of fracture in the Russian Federation and the development of a FRAX model. *Arch Osteoporos.* 2012;7:67-73.
4. 2019 ISCD Official Positions - Adult. Available from: <https://www.iscd.org/official-positions/2019-iscd-official-positions-adult/>.
5. Аврунин А.С., Тихилов Р.М., Шубняков И.И. Динамическая оценка остеопороза ремоделирования костной ткани при использовании неинвазивного метода. *Морфология.* 2009;135(2):66-73. Avrunin A.S., Tikhilov R.M., Shubniakov I.I. [Dynamic assessment of bone tissue osteocytic remodeling using a non-invasive method]. [Morphology]. 2009;135(2):66-73. (in Russian).
6. Мельниченко Г.А., Белая Ж.Е., Рожинская Л.Я., Торопцова Н.В., Алексеева Л.И., Бирюкова Е.В. и др. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. *Проблемы эндокринологии.* 2017;(6):392-426. doi: 10.14341/probl2017636392-426. Mel'nichenko G.A., Belaya Zh.E., Rozhinskaya L.Ya., Toroptsova N.V., Alekseeva L.I., Biryukova E.V. et al. Russian federal clinical guidelines on the diagnostics, treatment, and prevention of osteoporosis. [Problems of Endocrinology]. 2017;(6):392-426. (In Russian). doi: 10.14341/probl2017636392-426.
7. Аврунин А.С., Тихилов Р.М., Шубняков И.И. Медицинские и околomedicalные причины формирования высокого внимания общества к проблеме потери костной массы. Анализ динамики и структуры публикаций по остеопорозу. *Гений ортопедии.* 2009;(3):5-11. Avrunin A.S., Tikhilov R.M., Shoubniakov I.I. Medical and paramedical causes of formation of high public attention to the problem of bone mass loss. The analysis of dynamics and structure of publications on osteoporosis. *Genij Ortopedii.* 2009;3:5-11. (In Russian).
8. Glüer C.-C., Blake G., Lu Y., Blunt B.A., Jergas M., Genant H.K. Accurate assessment of precision errors: how to measure the reproducibility of bone densitometry techniques. *Osteoporos Int.* 1995;5(4):262-270.
9. Wang L., Su Y., Wang Q., Duanmu Y., Yang M., Yi C. et al. Validation of asynchronous quantitative bone densitometry of the spine: Accuracy, short-term reproducibility, and a comparison with conventional quantitative computed tomography. *Sci Rep.* 2017;7(1): 6284. doi: 10.1038/s41598-017-06608-y.
10. Blake G.M., Fogelman I. Technical principles of dual energy X-ray absorptiometry. *Semin Nucl Med.* 1997;27(3):210-228.
11. Dequeker J., Pearson J., Reeve J., Henley M., Bright J., Felsenberg D. et al. Dual X-ray absorptiometry-cross-calibration and normative reference ranges for the spine: results of a European Community Concerted Action. *Bone.* 1995;17(3):247-254.
12. Hind K., Cooper W., Oldroyd B., Davies A., Rhodes L. A cross-calibration study of the GE-lunar iDXA and prodigy for the assessment of lumbar spine and total hip bone parameters via three statistical methods. *J Clin Densitom.* 2015;18(1):86-92. doi: 10.1016/j.jocd.2013.09.011.
13. Kalender W.A., Felsenberg D., Genant H., Fischer M., Dequeker J., Reeve J. The European Spine Phantom - a tool for standardization and quality control in spinal bone measurements by DXA and QCT. *European J Radiology.* 1995;20:83-92.
14. Laugerette A., Schwaiger B.J., Brown K., Frerking L.C., Kopp F.K., Mei K. et al. DXA-equivalent quantification of bone mineral density using dual-layer spectral CT scout scans. *Eur Radiol.* 2019;29(9):4624-4634. doi: 10.1007/s00330-019-6005-6
15. Engelke K., Lang T., Khosla S., Qin L., Zysset P., Leslie W.D. et al. Clinical Use of Quantitative Computed Tomography-Based Advanced Techniques in the Management of Osteoporosis in Adults: the 2015 ISCD Official Positions-Part III. *J Clin Densitom.* 2015;18(3):393-407. doi: 10.1016/j.jocd.2015.06.010.
16. Петряйкин А.В., Сергунова К.А., Петряйкин Ф.А., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Владзимирский А.В. и др. Рентгеновская денситометрия, вопросы стандартизации (обзор литературы и экспериментальные данные). *Радиология – практика.* 2018;67(1):50-62. Petraikin A.V., Sergunova K.A., Petryaykin F.A., Ahmad E.S., Semenov D.S., Vladzimirskyy A.V. et al. X-ray Densitometry, Standardization (Literature Review and Experimental Data). [Radiology – Practice]. 2018;67(1):50-62. (In Russian).
17. Svendsen O.L., Hassager C., Skødt V., Christiansen C. Impact of soft tissue on in vivo accuracy of bone mineral measurements in the spine, hip, and forearm: a human cadaver study. *J Bone Miner Res.* 1995;10(6): 868-873.
18. Precision Assessment & Calculator FAQs. Available from: <https://www.iscd.org/resources/faqs/precision-assessment/>.
19. Carver T.E., Court O., Christou N.V., Reid R.E.R., Andersen R.E. Precision of the iDXA for visceral adipose

- tissue measurement in severely obese patients. *Med Sci Sport Exerc.* 2014;46(7):1462-1465.
19. Saarelainen J., Hakulinen M., Rikkonen T., Kröger H., Tuppurainen M., Koivumaa-Honkanen H. et al. Cross-Calibration of GE Healthcare Lunar Prodigy and iDXA Dual-Energy X-Ray Densitometers for Bone Mineral Measurements. *J Osteoporos.* 2016;2016:1424582. doi: 10.1155/2016/1424582.
  20. Аврунин А.С., Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Карагодина М.П., Плиев Д.Г., Товпич И.Д. Ошибка воспроизводимости аппаратно-программного комплекса Lunar Prodigy (version Encore) (Prodigy) при исследовании фантомов и костных структур. *Гений ортопедии.* 2010;4:104-110. Avrunin A.S., Tikhilov R.M., Shubniakov I.I., Karagodina M.P., Pliyev D.G., Tovpich I.D. Reproducibility error of Lunar Prodigy (Version Encore) (Prodigy) apparatus-programming complex in studying phantoms and bone structures. *Genij Ortopedii.* 2010;4:104-110. (In Russian).
  21. Аврунин А.С., Павлычев А.А., Карагодина М.П., Шубняков И.И. Хронобиологические характеристики колебаний ошибки воспроизводимости метода двухэнергетической абсорбциометрии при определении проекционной минеральной плотности в зонах Груена. *Медицинская визуализация.* 2016;4:100-108. Avrunin A.S., Pavlychev A.A., Karagodina M.P., Shoubniakov I.I. Chronobiological characteristics of the projection-mineral density repeatability error oscillations determined by DEXA method in Gruen regions. *Medical Visualization.* 2016;4:100-108. (In Russian).
  22. Аврунин А.С., Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Емельянов В.Г. Оценивает ли двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия параметры физиологического обмена минерального матрикса? *Гений ортопедии.* 2008;1:41-49. Avrunin A.S., Tikhilov R.M., Shoubniakov I.I., Yemeliyanov V.G. Does double-energy roentgen absorptiometry allow estimation of mineral matrix physiological metabolism? *Genij Ortopedii.* 2008;1:41-49. (In Russian).
  23. Yu E.W., Bouxsein M.L., Roy A.E., Baldwin C., Cange A., Neer R.M. et al. Bone loss after bariatric surgery: discordant results between DXA and QCT bone density. *J Bone Miner Res.* 2014;29(3):542-550. doi: 10.1002/jbmr.2063.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Петрайкин Алексей Владимирович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Смолярчук Максим Ярославович* — врач-радиолог, эксперт, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Петрайкин Федор Алексеевич* — ординатор кафедры лучевой диагностики, факультет фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва

*Низовцова Людмила Арсеньевна* — д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Артюкова Злата Романовна* — студент кафедры медицинской биофизики, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет), Москва

*Сергунова Кристина Анатольевна* — канд. тех. наук, руководитель отдела разработки средств контроля и технического мониторинга, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Ахмад Екатерина Сергеевна* — научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Alexey V. Petraikin* — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Technical Monitoring and QA Development, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Maksim Ya. Smoliarchuk* — Research Officer, Nuclear Medicine Physician, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Fedor A. Petryaykin* — Resident, Department of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

*Lyudmila A. Nisovtsova* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Zlata R. Artyukova* — Student, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

*Kristina A. Sergunova* — Cand. Sci. (Tech.), Head of Technical Monitoring and QA Development Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Ekaterina S. Akhmad* — Researcher, Technical Monitoring and QA Development, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Семенов Дмитрий Сергеевич* — научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Владимирский Антон Вячеславович* — д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Морозов Сергей Павлович* — д-р мед. наук, профессор, директор ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

*Dmitry S. Semenov* — Researcher, Technical Monitoring and QA Development Department, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Anton V. Vladzimirsky* — Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Science, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

*Sergey P. Morozov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Director, Practical and Clinical Research Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

## Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при мелореостозе (случай из практики)

В.В. Кузин<sup>1,2</sup>, К.А. Егиазарян<sup>1</sup>, А.П. Ракша<sup>1</sup>, А.П. Ратьев<sup>1</sup>, А.В. Кузин<sup>1</sup>,  
Е.А. Жаворонков<sup>1</sup>, В.В. Чеботарев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

### Реферат

Мелореостоз — доброкачественная дисплазия, врожденная патология костной ткани, которая связана с избыточным образованием костного вещества, макроскопически проявляющаяся разрастанием, утолщением и уплотнением костной ткани. В статье представлен клинический случай лечения пациента с массивным разрастанием костной ткани в области верхней трети левого бедра, которое возникло за 10 лет до обращения. Первым симптомом заболевания стало нарастание болевого синдрома в пояснице, левой нижней конечности, усиливающегося в процессе физических нагрузок, и ограничение движений в левом тазобедренном суставе. На рентгенограммах таза с захватом верхней трети бедренных костей определялись множественные разрастания достаточно плотной костной ткани по медиальной поверхности левой бедренной кости и в паховой области с переходом на лонную и седалищную кости. Перед операцией была выполнена компьютерная ангиография с контрастированием магистральных сосудов для планирования безопасного доступа к оссификатам. Во время оперативного лечения было выполнено иссечение оссификатов левой подвздошно-паховой области и эндопротезирование левого тазобедренного сустава. Было удалено три оссификата. Материал был направлен на гистологическое исследование, которое в комплексе с клинической картиной и данными других исследований позволило предположить диагноз «мелореостоз» как наиболее вероятный. Ранний послеоперационный период протекал без особенностей. На контрольных рентгенограммах, сделанных через 6, 12 и 24 мес. после операции, новых очагов гетеротопической оссификации не выявлено. Болевой синдром регрессировал. Достигнут прежний объем движений в левом тазобедренном суставе. Опороспособность левой нижней конечности стала полной. Таким образом, оперативное лечение, которое заключалось в восстановлении подвижности нижней конечности, пораженной мелореостозом, путем тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава, позволило получить хороший клинический результат и улучшить качество жизни пациента.

**Ключевые слова:** мелореостоз, болезнь Лери, тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Кузин В.В., Егиазарян К.А., Ракша А.П., Ратьев А.П., Кузин А.В., Жаворонков Е.А., Чеботарев В.В. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при мелореостозе (случай из практики). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):135-142. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-135-142.

**Cite as:** Kuzin V.V., Egiazaryan K.A., Raksha A.P., Ratyev A.P., Kuzin A.V., Zhavoronkov E.A., Chebotarev V.V. [Total Hip Arthroplasty in Patient with Melorheostosis (Case Report)]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):135-142. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-135-142.

✉ Ратьев Андрей Петрович / Andrei P. Ratyev; e-mail: anratyev@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 24.01.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 20.08.2019.

## Total Hip Arthroplasty in Patient with Melorheostosis (Case Report)

V.V. Kuzin<sup>1,2</sup>, K.A. Egiazaryan<sup>1</sup>, A.P. Raksha<sup>1</sup>, A.P. Ratyev<sup>1</sup>, A.V. Kuzin<sup>1</sup>, E.A. Zhavoronkov<sup>1</sup>, V.V. Chebotarev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Pirogov City Clinical Hospital No.1, Moscow, Russian Federation*

### Abstract

Melorheostosis is a rare mesenchymal dysplasia of bone manifesting as regions of sclerosing and thickening of bone tissue. This disease may involve the adjacent soft tissues and lead to joint pain, limitation of joint motion, stiffness resulting from abnormal ossification and soft-tissue contractures due to periarticular fibrosis. The paper describes a clinical case of a patient who presented with pain and stiffness in the proximal part of the left hip which patient suffered for the last 10 years. At first the patient had intermittent pain in the lower back and left hip during and after walking. Radiographs revealed dense sclerotic and wavy cortex and hyperostosis involving the left iliac crest, the acetabulum, and the femur. CT angiography with contrast was performed for preoperative planning. During the procedure the authors performed total hip arthroplasty of the left hip with excision of fibro-ossifications in the left ilioinguinal area. Severe periarticular fibrosis of the soft tissue was observed intraoperatively and cartilage-like formation was visible around the joint. A sample of the ossification bone was resected for histologic confirmation of the diagnosis; extensive cortical sclerosis with varying thickness typical of melorheostosis was found. Early postoperative period went without complications following routine post-THR protocol. Postoperative X-rays at 6, 12, 24 months did not reveal any complications or new ossifications. Full ROM and pain-free function were achieved in the left hip and lower back of the patient. The present clinical case of total hip arthroplasty with excision of fibro-ossifications provided good clinical outcome for melorheostosis of the left hip.

**Keywords:** melorheostosis, Léri disease, total hip arthroplasty.

### Введение

Мелореостоз (синонимы — болезнь Лери, ризо-мономелореостоз) — доброкачественное заболевание костной ткани, которое встречается крайне редко. Болезнь относится к врожденным дисплазиям скелета, морфологически проявляется гиперостозом и остеосклерозом некоторых костей и их отдельных частей [1]. Впервые это заболевание было описано в 1922 г. А. Léri и М. Joanny [2]. Болезнь встречается в любом возрасте, но чаще в детском и юношеском. У пожилых людей она встречается реже и протекает в латентной форме [3].

Для мелореостоза характерны следующие симптомы:

- ограниченное вовлечение костей одной конечности, однако зарегистрированы клинические случаи, при которых в патологический процесс могут быть вовлечены ребра, позвоночник, верхние/нижние конечности;

- искривление контуров кости за счет множественных гиперостозов;

- боли, имеющие тупой и ноющий характер;

- тугоподвижность и ограничение движений в суставах пораженной конечности из-за развития периартикулярного фиброза.

Боль в пораженной конечности встречается в половине случаев, особенно у пожилых паци-

ентов. Ограничение движения чаще встречается в запущенных случаях. Конечность нередко отечна. Нарушения чувствительности встречаются редко [4]. Учитывая вялотекущее развитие заболевания, скудность клинической симптоматики, пациенты обращаются за врачебной помощью, когда уже возникают функциональные нарушения вследствие развития выраженных деформаций скелета [5, 6, 7, 8].

Некоторые клинические случаи могут ассоциироваться с поражением кожных покровов, связанных с такими заболеваниями, как линейная склеродермия, нейрофиброматоз, гемангиома, лимфангиома, поражение костной ткани, вызванное туберкулезом. Все исследователи мелореостоза в один голос отмечают, что этиология и патогенез данного заболевания неизвестны. Патологический процесс чаще поражает нижнюю конечность и сопровождается атрофией мышц. Кость имеет вид «оплавленной свечи» по одной стороне со склеротическим утолщением кортикального слоя кости [2, 3, 5].

При гистологическом исследовании материалов биопсии определяется склерозированная кость с гаверсовой системой неравномерной плотности и толстыми анастомозирующими трабекулами. В некоторых случаях были обнаружены

зоны незрелой кости, переплетавшиеся с незрелым остеоидным рубцом. Клетки фиброзной ткани перемешивались с частицами костного мозга и пролиферирующей костью. Местами обнаруживались очаги хрящевой ткани. Фиброз подкожных и периваскулярных тканей часто сопровождался облитерацией сосудов [4, 9, 10].

Представляем клиническое наблюдение, которое демонстрирует хорошие результаты хирургического лечения при ненаследственной склерозирующей дисплазии костей — мелореостозе.

Пациент, 49 лет, поступил в клинику 06.02.2017 с жалобами на боли в поясничной области, особенно при ходьбе, левой паховой области с иррадиацией по передне-внутренней поверхности бедра в колено и от большого вертела по ходу илиотибиального тракта до голени, усиливающиеся в процессе физических нагрузок, а также на отсутствие движений в левом тазобедренном суставе. Из анамнеза известно, что пациент на протяжении последних 10 лет отмечает ограничение подвижности левого тазобедренного сустава, которое постепенно нарастало. Затем появилось уплотнение в паховой области. Движения в тазобедренном суставе исчезли в последние 3 года. Вместе с исчезновением подвижности в тазобедренном суставе появилась боль в пояснице без корешковой симптоматики. С целью верификации заболевания пациент обращался в несколько лечебных учреждений, где ставили следующие диагнозы: оссифицированная гематома, гетеротопические оссификаты неясной этиологии и т.п. В одной из клиник была выполнена открытая трепанобиопсия, которая также не помогла установить диагноз.

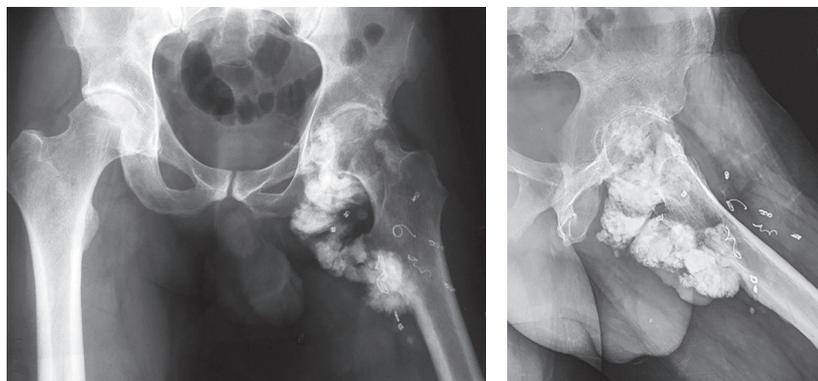
Анамнез жизни — без особенностей. Общее состояние пациента удовлетворительное. Рост — 186 см, вес — 100 кг, правильного телосложения. Брюнет. Кожа обычной окраски, чистая. Лимфатические узлы не увеличены. Пульс

66 уд./мин, АД 135/75 мм рт. ст. Со стороны внутренних органов патологии не было выявлено.

Походка нарушена. Перенос левой нижней конечности пациент производил за счет таза и частично — коленного сустава. Ходьба сопровождалась болью в левом бедре (в паховой области и по ходу илио-тибиального тракта и пояснице). Движения в левом тазобедренном суставе отсутствуют. Сгибание левого коленного сустава — 120°, разгибание — полное (0°). Движения в остальных суставах конечности в полном объеме. Оценка по шкале Харриса на момент поступления — 44,3 балла. Кожа левой нижней конечности по цвету не отличается от правой стороны. По медиальной и латеральной поверхностям левого бедра в верхней трети определяются 2 послеоперационных рубца длиной 15 см и 10 см соответственно. Рубцы гладкие мягкие и подвижные. Левая нижняя конечность на 2 см короче правой. При пальпации определяется гипотрофия большой ягодичной мышцы, окружность левого бедра на 1,5 см меньше правого. При пальпации в верхней трети левого бедра по передне-внутренней поверхности определяется безболезненное образование костной плотности размерами 15×10×10 см. Пульсацию бедренной артерии в проекции этого образования определить не удалось. Пульсация бедренной артерии определялась в паховой области. Пульсация магистральных артерий стопы отчетливая. Неврологических нарушений не выявлено.

На рентгенограммах таза с захватом бедренных костей определялись множественные разрастания костной плотности по медиальной поверхности левой бедренной кости и паховой области с переходом на лонную и седалищную кости (рис. 1).

В области верхней трети левого бедра визуализируется образование костной структуры неправильной формы, которое мы условно разделили на три части, размерами 10×10×7, 5×6×6 см и 9×7×7 см.



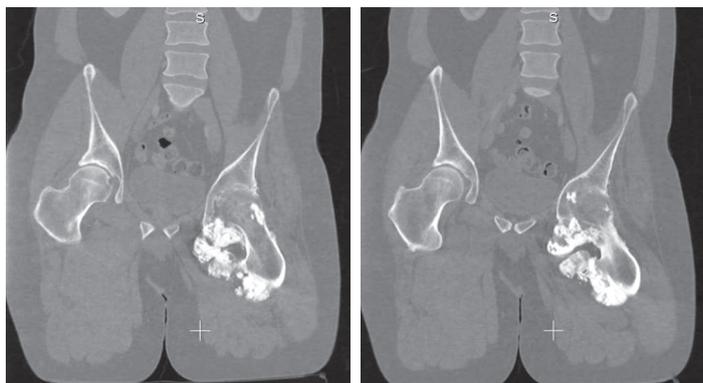
**Рис. 1.** Рентгенограммы таза в прямой и боковой проекциях: множественные костные разрастания по медиальной поверхности левой бедренной кости и в паховой области с переходом на лонную и седалищную кости

**Fig. 1.** Pelvis X-rays in AP and lateral view: multiple ossifications of bone tissue along medial surface of the left femur and inguinal area extending into pubic and sciatic bones

КТ костей таза: левосторонний выраженный коксартроз, визуализируется костное разрастание в мягких тканях по заднемедиальной поверхности сустава (рис. 2).

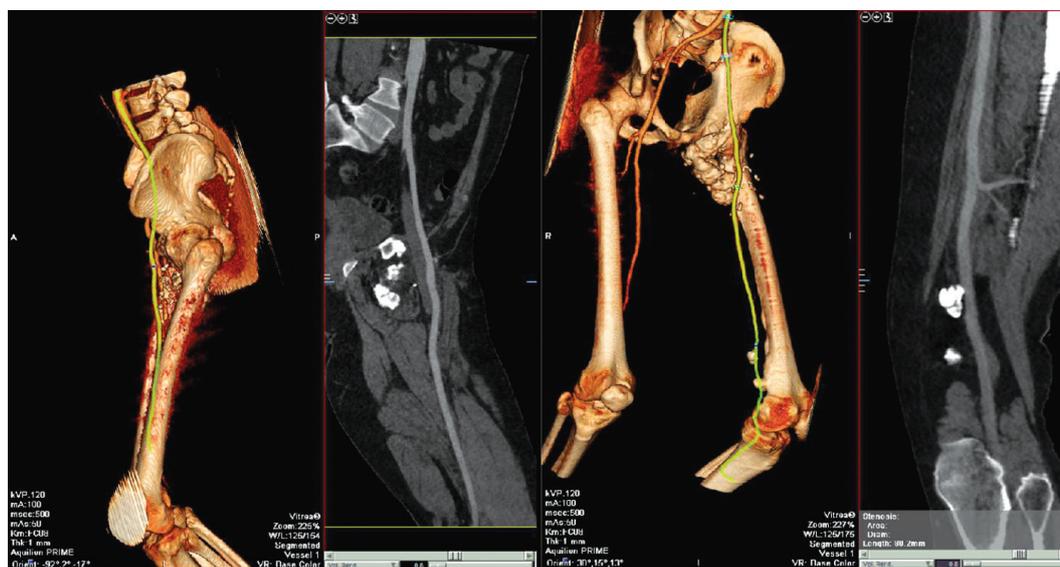
С целью определения взаимоотношения с магистральными сосудами была выполнена КТ-ангиография, на которой были выявлены окклюзии левой глубокой бедренной артерии и латеральной артерии, огибающей бедренную кость. Бедренная артерия располагалась кпереди от массивного оссификата паховой области и с ним непосредственно не контактировала (рис. 3).

07.02.2017 г. пациенту было выполнено иссечение оссификатов левой подвздошно-паховой области с последующим эндопротезированием левого тазобедренного сустава. Установлен эндопротез бесцементной фиксации фирмы Zimmer: ножка — Avenir, чашка — Trilogy, головка — VerSys 36 мм. Операция была выполнена при помощи передненаружного доступа по Хардингу через разрез длиной 20 см. Во время операции повреждений магистральных сосудов или нервных стволов не было. Интраоперационная кровопотеря составила 800 мл. По частям удалены три оссификата размером 10×10×7, 8×6×4 и 5×6×6 см (рис. 4).



**Рис. 2.** КТ костей таза. Массивное разрастание костной ткани в вертельной области левого бедра с анкилозированием левого тазобедренного сустава

**Fig. 2.** Pelvis CT. Massive sclerotic and wavy cortex and hyperostosis involving the trochanter area with ankylosis of the left hip joint



**Рис. 3.** КТ-ангиография левого бедра: окклюзия левой глубокой бедренной артерии и латеральной огибающей артерии

**Fig. 3.** Left hip CT-angiography. Left profunda femoris and circumflexa femoris lateralis arteries are occluded

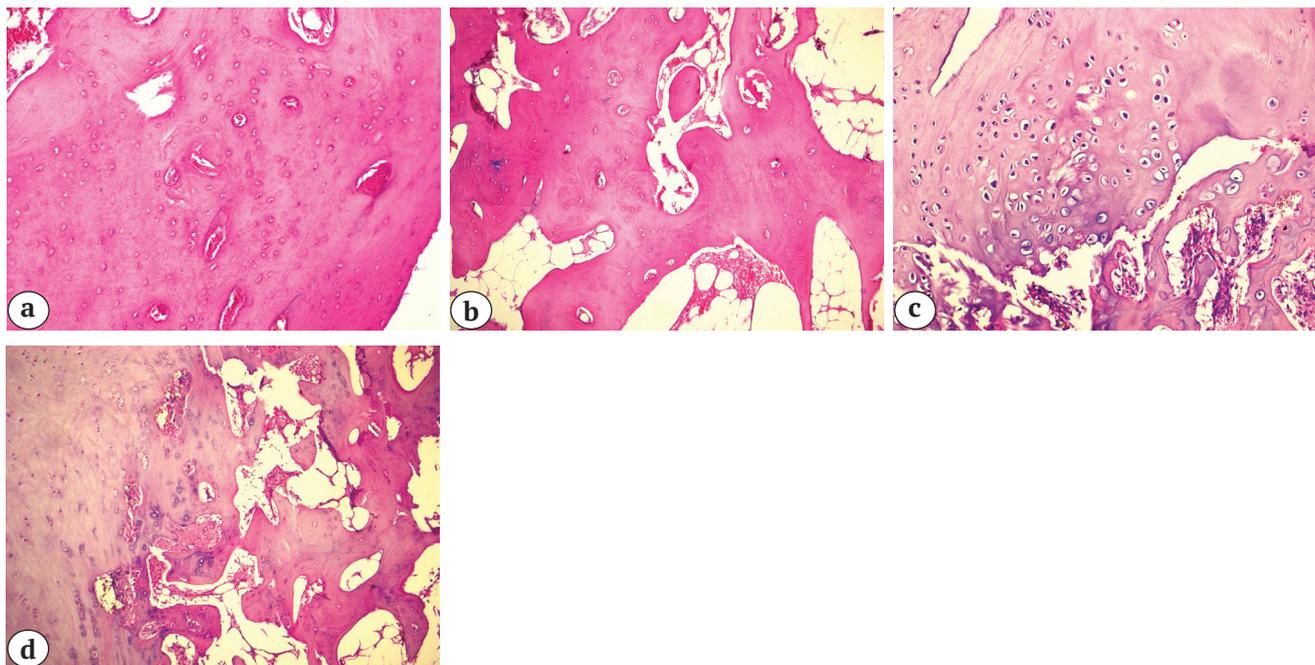


**Рис. 4.** Иссеченные оссификаты размерами 10×10×7, 5×6×6 и 8×6×4 см

**Fig. 4.** Resected ossifications with dimensions of 10×10×7, 5×6×6 and 8×6×4 cm

Материал был направлен на гистологическое исследование, которое показало, что изменения представлены утолщением (гиперостозом) костной ткани с резким уплотнением (остеосклерозом) наружных слоев кости с избыточным образованием костного вещества. Структурные изменения также представлены нарушенной архитектурой тканевых и клеточных компонентов с формированием большого количества незрелого костного вещества (рис. 5 а). В зоне периостального напластования каналы остеонов (гаверсовы каналы)

имеют неравномерную толщину с неправильно сформированными остеонными структурами (рис. 5 b). Остеоциты отличаются разной формой и размерами с беспорядочным распределением по системе остеона (рис. 5 c). В субпериостальных отделах определяется очаговая слабо выраженная гладкая резорбция кости. В костномозговом канале на большом протяжении визуализируется атрофия костного мозга с замещением его на рыхлую волокнистую соединительную ткань, сосуды находятся в состоянии запустения (рис. 5 d).



**Рис. 5.** Результаты гистологического исследования иссеченных оссификатов:  
 а — утолщение (гиперостоз) костной ткани со значительным уплотнением (остеосклерозом) наружных слоев кости с избыточным образованием костного вещества;  
 б — нарушение архитектоники костных балок и каналов остеонов, атрофия костного мозга;  
 с — определяется разнообразие форм остеоцитов, замещение костного мозга рыхлой волокнистой соединительной тканью;  
 д — атрофия костного мозга, гиперостоз периостального отдела костной ткани.  
 Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: а, б, с —  $\times 200$ ; д —  $\times 100$

**Fig. 5.** Histology results:

а — hyperostosis of periosteal bone tissue, with significant osteosclerotic thickening and enlarged osseous.  
 б — violation of the pattern of bone trabecules and canals of osteons, bone's marrow atrophy;  
 с — variety of osteocytes forms, replacement of bone marrow with loose fibrous connective tissue;  
 д — bone marrow atrophy, hyperostosis of periosteal bone tissue.  
 Staining with hematoxylin and eosin. Mag: а, б, с —  $\times 200$ ; д —  $\times 100$

Послеоперационный период протекал без осложнений. 08.02.17 г. выполнено контрольное рентгенографическое исследование (рис. 6).

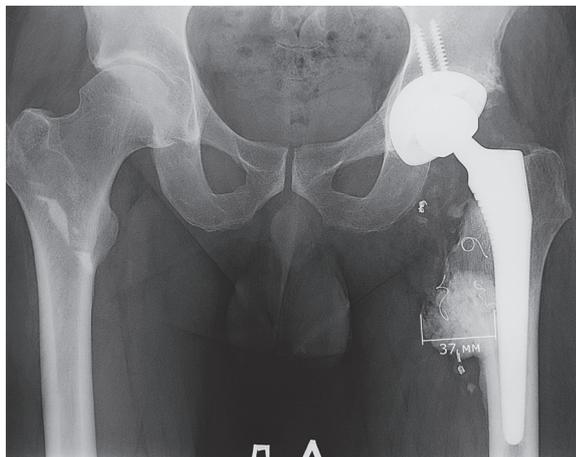
Рана заживала первичным натяжением. 13.02.17 г. больной был выписан на амбулаторный этап лечения. На контрольном осмотре через 3 мес.: активных жалоб пациент не предъявляет, боли в левой нижней конечности и пояснице отсутствуют. Объем движения в тазобедренном суставе:

сгибание —  $110^\circ$  при отведении  $0^\circ$ , разгибание —  $180^\circ$  при отведении  $30^\circ$ . Сохраняется слегка выраженная походка Тренделенбурга.

При осмотрах через 6, 12, 24 мес. после операции жалобы отсутствовали. Объем движений в тазобедренном суставе не изменился по сравнению с результатами в срок 3 мес. после операции. Походка правильная. На контрольных рентгенограммах соотношение компонентов эндо-

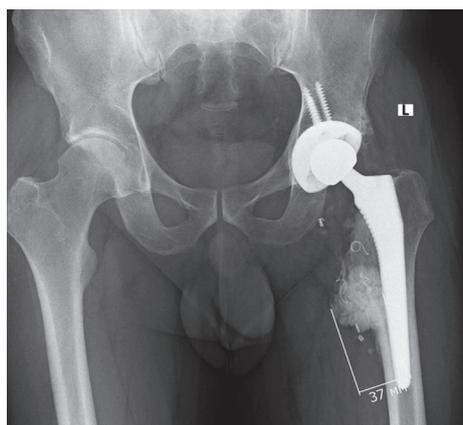
протеза левого тазобедренного сустава правильное (рис. 7). При оценке параметров объектов рентгенограммы с помощью программы MediCad размеры узла, оставленного в области малого вертела, в течение 24 мес. наблюдения не изменились.

Рейтинг по шкале Харриса через 18 мес. после операции составил 96,03 балла. Признаки нестабильности компонентов эндопротеза отсутствуют.



**Рис. 6.** Рентгенограмма костей таза пациента после выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава: костные разрастания удалены, положение компонентов эндопротеза тазобедренного сустава правильное. Избыточное удлинение левой нижней относительно правой конечности на 0,8 см

**Fig. 6.** Pelvis X-ray of the patient after THR: ossifications resected, correct positioning of prosthesis components. Excessive lengthening of the left lower limb at 0,8 cm as compared to contralateral limb



**Рис. 7.** Рентгенограмма костей таза пациента спустя 2 года с момента проведения операции: новых очагов костных разрастаний не определяется

**Fig. 7.** Pelvis X-Ray of the patient 2 years postoperatively: no new ossifications observed

## Обсуждение

Склерозирующие дисплазии костей классифицируются как наследственные и ненаследственные. Мелореостоз относится к ненаследственным. Первые результаты генетических исследований вызвали предположение, что причиной развития мелореостоза являлась зародышевая гетерозиготная дисфункция в гене LEMD3 хромосомы 12q14.3. Но дальнейшие исследования показали, что эти мутации были связаны с остеопойкилоцитозом и Buschke-Ollendorff синдромом, а не с идиопатическим мелореостозом [11].

Несмотря на большое количество сообщений о диагностированных случаях мелореостоза, этиология и патогенез данного заболевания остаются неизвестными. Существуют различные гипотезы, пытающиеся объяснить причины и механизм развития данного заболевания: инфекция; нейрогенное воспаление; дегенеративным процесс, сопровождающийся облитерацией сосудов, что приводит к «вторичному остеогенезу», и другие [12].

Однако в литературе нам удалось найти описание только одного случая эндопротезирования крупных суставов по поводу динамических проблем, связанных с мелореостозом [9].

Данные литературы и анализ нашего клинического наблюдения показывают, что основными жалобами, предъявляемыми больными, являются боли в области пораженной конечности с возможными нейроциркуляторными осложнениями. Мелореостоз не имеет строго характерных микроскопических признаков и диагностируется по совокупности рентгенологических, морфологических и клинических признаков.

Так, в работе, В. John с соавторами представили опыт лечения пациентки 42 лет с болезнью Лери. После диагностирования заболевания было выполнено удаление костно-склеротических разрастаний в области левого коленного сустава, однако спустя 4 года боли и ограничение движений рецидивировали. По данным рентгенографии были выявлены очаги костных образований в области пателлофemorального сустава, что потребовало повторной операции, направленной на удаление очагов мелореостоза [8]. В нашем случае после выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава повторных оперативных вмешательств, направленных на удаление костных образований, в течение двух лет не потребовалось.

Е. Moulder с коллегами выполнили тотальное эндопротезирование коленного сустава у пациентки с мелореостозом, который морфологически проявлялся наличием костных разрастаний в области коленного сустава. Выполнение артро-

пластики коленного сустава позволило получить хорошие клинические результаты [10]. В нашем клиническом наблюдении после выполнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава по поводу мелореостоза также получен хороший результат, выразившийся в полном исчезновении болевого синдрома, присутствовавшего перед операцией. Восстановлены полный объем движений в тазобедренном суставе и походка, исчезли боли, но мелореостоз остался. Мы не оказывали какого-либо патогенетического лечения самого основного заболевания в связи с тем, что патогенез неизвестен. Следовательно, в представленном нами случае боли были обусловлены отсутствием движений в тазобедренном суставе и связанными с этим статическими нарушениями в позвоночнике.

Таким образом, в данном клиническом случае разрастания костной ткани и деформация бедренной кости, обусловленные мелореостозом, не являлись непосредственным источником боли. Она была обусловлена анкилозированием тазобедренного сустава и связанным с этим нарушением статики позвоночника и функции всей нижней конечности. Восстановление подвижности тазобедренного сустава путем его эндопротезирования позволило значительно улучшить качество жизни пациента. Прогрессирования или рецидива костных разрастаний в области операции в течение 2 лет наблюдения выявлено не было. Оставшиеся нетронутыми очаги мелореостоза в верхней трети бедренной кости в течение 2 лет наблюдения своих размеров и рентгенологической структуры не изменили.

#### Этика публикации

Пациент дал информированное согласие на публикацию клинического наблюдения в открытой печати.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

Кузин В.В. — сбор и обработка материала.

Егиазарян К.А. — дизайн исследования.

Ракша А.П. — сбор и обработка материала.

Ратьев А.П. — сбор и обработка материала, обзор литературы.

Кузин А.В. — сбор и обработка материала.

Чеботарев В.В. — сбор материала, подготовка иллюстраций.

Жаворонков Е.А. — редактирование текста, обзор литературы.

#### Литература [References]

1. Чернов А.П., Черкашин С.С., Кудашев Д.С. Мелореостоз крыла подвздошной кости (анализ клинического случая). *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2006;(1);89-90. Chernov A.P., Cherkashin S.S., Kudashev D.S. [Melorheostosis of the Upper Flaring Portion of the Ilium (case report)]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2006;(1);89-90. (In Russian).
2. Léri A., Joanny M. Une affection non décrite des os: Hyperostose 'en coulée' sur toute la longueur d'un membre ou 'mélorhéostose'. *Bull Mem Soc Med Hop (Paris)*. 1922;46;1141-1145. [in French].
3. Мирзоев Э.С., Абакаров А.А. Параартикулярная локализация мелореостоза (болезнь Лери-Жоани). *Вестник Дагестанской государственной медицинской академии*. 2018;27(2);62-63. Mirzoev E.S., Abakarov A.A. [Paraarticular location of melorheostosis (Leri-Joany disease)]. *Vestnik Dagestanskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii* [Bulletin of the Dagestan State Medical Academy]. 2018;27(2);62-63. (In Russian).
4. Hess W.E., Street D.M. Melorheostosis; relief of pain by sympathectomy. *J Bone Joint Surg Am*. 1950; 32A(2):422-427.
5. Мирзоев Э.С. Два случая поражения костей конечности мелореостозом (болезнь Лери-Жоани). *Травматология и ортопедия России*. 2008;47(1);54-55. Mirzoev E.S. [Two cases of limb bone lesion with melorheostosis (Leri-Joany disease)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2008;47(1);54-55. (In Russian).
6. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Мясоедов А.А., Плиев Д.Г., Карелкин В.В., Березин Г.В. Эндопротезирование тазобедренного сустава при костных анкилозах различной этиологии, причины и результаты. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(2). Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27426>. doi: 10.17513/spno.27426. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Myasoedov A.A., Pliev D.G., Karelkin V.V., Berezin G.V. [Total hip in case of hip bone ankylosis different etiology, reasons and result]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2018;(2). Available from: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27426>. (In Russian). doi: 10.17513/spno.27426.
7. Allothman M., Alkhamees L., Al Subaie M. Melorheostosis of the Leg: A Case Report. *J Radiol Case Rep*. 2018;12(11):12-17. doi: 10.3941/jrcr.v12i11.3539.
8. John B., Sharma A., Pandey R.A. Managing Recurrence in Intraarticular Melorheostosis Involving the Knee Joint: A Case Report. *J Orthop Case Rep*. 2017;7(5):29-33. doi: 10.13107/jocr.2250-0685.884.
9. Shin S.J., Nam U., Kim S.R., Kim H., Dimitriou D., Li G. et al. Vascular Malformations Corresponding to Sclerotomes in Multifocal Melorheostosis: Painful Hip and Knee Contractures Treated with Total Joint Arthroplasty. A Case Report. *JBJS Case Connect*. 2015;5(2):e401-e407. doi: 10.2106/JBJS.CC.N.00159.
10. Moulder E., Marsh C. Soft tissue knee contracture of the knee due to melorheostosis, treated by Total knee arthroplasty. *Knee*. 2006;13(5):395-396. doi: 10.1016/j.knee.2006.05.006.
11. Mumm S., Wenkert D., Zang X., McAlister W.H., Mier R.J., Whyte M.P. Deactivating germline muta-

tions in LEMD3 cause osteopoikilosis and Buschke-Ollendorff syndrome, but not sporadic melorheostosis. *J Bone Mineral Res.* 2007;22(2);243-250. doi: 10.1359/jbmr.061102.

12. Morris J.M., Samilson R.L., Corley C.L. Melorheostosis. Review of the literature and report of an interesting case with a nineteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1963;45:1191-206.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Кузин Виктор Васильевич* — д-р мед. наук, профессор, главный травматолог-ортопед, ГБУЗ «Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова» Департамента здравоохранения г. Москвы; профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Егузарян Карен Альбертович* — д-р мед. наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Ракша Александр Петрович* — д-р мед. наук, профессор кафедры патологической анатомии и клинической патологической анатомии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Ратьев Андрей Петрович* — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Кузин Антон Викторович* — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Жаворонков Евгений Александрович* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

*Чеботарев Виталий Витальевич* — врач-ординатор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Victor V. Kuzin* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Orthopedic Surgeon, City Clinical Hospital No.1; Professor, Chair of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Karen A. Egiazaryan* — Dr. Sci. (Med.), the Head of Chair of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Aleksandr P. Raksha* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chair of Pathological Anatomy and Clinical Pathological Anatomy, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Andrei P. Ratyev* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chair of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Anton V. Kuzin* — PhD Student, Chair of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Evgenii A. Zhavoronkov* — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Chair of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

*Chebotarev V. Vitaly* — Resident, Chair of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

## Ложные аневризмы сосудов нижних конечностей как осложнение наследственной экзостозной хондродисплазии у подростков (два клинических случая)

Т.Ю. Затравкина<sup>1</sup>, Ю.А. Буров<sup>2</sup>, И.Н. Шаницын<sup>1</sup>, Т.Д. Максьюшина<sup>1</sup>, Ю.И. Титова<sup>1</sup>, Д.Ю. Сумин<sup>1</sup>, Т.А. Ионова<sup>1</sup>, И.А. Миронов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов, Россия

<sup>2</sup> ГУЗ «Саратовская городская клиническая больница №1 им. Ю.Я. Гордеева», г. Саратов, Россия

### Реферат

Авторы представили описание двух клинических случаев сосудистых осложнений наследственной экзостозной хондродисплазии нижних конечностей у пациентов детского возраста. Несмотря на раннюю диагностику, патологические очаги не были своевременно удалены. Анатомическая локализация экзостозов вблизи крупных артериальных стволов привела к формированию ложных аневризм вследствие длительного воздействия на сосудистую стенку интенсивно растущими костными образованиями. После проведения ультразвукографии и МР-ангиографии сосудов нижних конечностей с доплерографией, а также КТ-ангиографии обоим пациентам была выполнена одномоментная резекция аневризмы бедренной артерии с аутовенозным протезированием и краевой резекцией экзостозов. В отдаленном послеоперационном периоде в обоих случаях зона трансплантата проходима, признаков стеноза выявлено не было.

**Ключевые слова:** экзостозная хондродисплазия, ложная аневризма бедренной артерии, аутовенозное протезирование, дети.

doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-143-152

## Pseudoaneurysms of the Lower Extremity Vessels as a Complication of Hereditary Exostose Chondrodysplasia in Adolescents (Two Case Reports)

T.Yu. Zatravkina<sup>1</sup>, Yu.A. Burov<sup>2</sup>, I.N. Shanitsyn<sup>1</sup>, T.D. Maksyushina<sup>1</sup>, Yu.I. Titova<sup>1</sup>, D.Yu. Sumin<sup>1</sup>, T.A. Ionova<sup>1</sup>, I.A. Mironov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

<sup>2</sup> Gordeev Saratov Clinical City Hospital No. 1, Saratov, Russian Federation

### Abstract

The article describes two clinical cases of vascular complications related to hereditary exostose chondrodysplasia of the lower limbs in children. Despite early diagnostics the newgrowth was not timely removed. The anatomical localization of the exostoses in the vicinity of the main arterial trunks resulted in formation of pseudo-aneurysms

Затравкина Т.Ю., Буров Ю.А., Шаницын И.Н., Максьюшина Т.Д., Титова Ю.И., Сумин Д.Ю., Ионова Т.А., Миронов И.А. Ложные аневризмы сосудов нижних конечностей как осложнение наследственной экзостозной хондродисплазии у подростков (два клинических случая). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):143-152. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-143-152.

**Cite as:** Zatravkina T.Yu., Burov Yu.A., Shanitsyn I.N., Maksyushina T.D., Titova Yu.I., Sumin D.Yu., Ionova T.A., Mironov I.A. [Pseudoaneurysms of the Lower Extremity Vessels as a Complication of Hereditary Exostose Chondrodysplasia in Adolescents (Two Case Reports)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):143-152. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-143-152.

✉ Затравкина Татьяна Юрьевна / Tat'yana Yu. Zatravkina; e-mail: t.zatravkina@rambler.ru

Рукопись поступила/Received: 30.08.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 07.09.2019.

due to a prolonged exposure of the vascular wall to the actively growing bone formations. After diagnostic imaging (ultrasonography and Doppler sonography, CT angiography, MR angiography of the vessels in the lower extremities) the authors performed a simultaneous resection of the femoral artery aneurysm with autovenous grafting and total resection of exostoses in both cases. Late follow up of both patients demonstrated vascular permeability at the graft site and no symptoms of stenosis were observed.

**Keywords:** exostose chondrodysplasia, femoral artery pseudoaneurysm, children.

## Введение

Экзостозная хондродисплазия является одной из наиболее распространенных остеохондродисплазий и составляет от 27 до 41% первичных дисплазий скелета у детей и подростков [1, 2]. Нарушение роста хряща в метаэпифизарной зоне вызывает избыточное распространение хрящевых масс за пределы кости, которое сопровождается процессом оссификации патологического очага. Рост новообразования продолжается в течение всего периода роста кости и завершается одновременно с ним [1, 3]. Типичной локализацией костно-хрящевых экзостозов являются метафизарные зоны, реже эпифизы длинных трубчатых костей: бедренной, большеберцовой, плечевой. При отсутствии наследственной предрасположенности единичные экзостозы зачастую встречаются у подростков во втором ростовом периоде. Дискуссия о причинах развития экзостозной хондродисплазии не утихает среди специалистов. В XX в. некоторые авторы, такие как H.L. Jaffe и L. Lichtenstein [4, 5], причисляли солитарные экзостозы к опухолям костей, позже A. Safary с соавторами — к диспластическим процессам [6]. Множественная экзостозная хондродисплазия наследуется по аутосомно-доминантному типу [7].

Диагностика экзостозов не вызывает сложностей: пациенты предъявляют жалобы на наличие плотного объемного образования в метаэпифизарной зоне. При проведении рентгенографии пораженного сегмента конечности определяется образование костной плотности, исходящее из кости. При локализации образования вблизи крупных сосудов или нервных стволов возможно их компрессионное повреждение, результатом которого могут явиться периферические парезы или сосудистые осложнения [8, 9].

Ложная аневризма — патологическое образование, возникающее в результате нарушения целостности всех слоев стенки крупной артерии и инкапсулированное окружающей соединительной тканью. Развитие ложных аневризм артерий в сочетании с остеохондродисплазией подробно описано в литературе [10, 11, 12, 13, 14]. В большинстве случаев наблюдалось повреждение подколенной артерии [11, 13]. В опубликованном в 2016 г. обзоре упоминается лишь 14 пациентов с повреждением поверхностной бедренной артерии из 101 случая

развития ложных аневризм сосудов нижних конечностей как следствия множественной экзостозной хондродисплазии [14].

Экзостозная хондродисплазия — это очень распространенная патология, но она редко осложняется ложными аневризмами крупных сосудов, и многие специалисты, особенно детские ортопеды, не знают о возможности развития этого состояния. В отечественной литературе описаны единичные подобные клинические случаи.

Мы представляем два случая экзостозной остеохондродисплазии в сочетании с ложной аневризмой на границе дистальной части поверхностной бедренной артерии и подколенной артерии у девочки 12 лет и мальчика 15 лет. Публикуя наши наблюдения, мы призываем коллег обратить внимание на эту проблему и своевременно удалять экзостозы, не дожидаясь их интенсивного роста.

## Клинический случай 1

В ноябре 2017 г. в консультативно-диагностическое отделение обратилась пациентка 12 лет с жалобами на наличие плотного пульсирующего образования на внутренней поверхности левого бедра. В 2013 г. девочке был установлен диагноз: экзостозная хондродисплазия, множественные костно-хрящевые экзостозы длинных трубчатых костей. От предложенного хирургического лечения опекун ребенка отказался. Вышеописанное образование беспокоило пациентку в течение предыдущих 10 дней, постепенно увеличивалось в размерах, в связи с чем имелся интенсивный болевой синдром, не купируемый НПВС. На амбулаторном приеме у детского ортопеда было выявлено плотное пульсирующее объемное образование размером около 10 см, локализовавшееся в заднемедиальных отделах нижней трети бедра слева, резко болезненное при пальпации. Кожный покров над образованием гиперемирован, отечен, конечность находится в вынужденном положении — сгибание в левом коленном суставе. Проводились следующие диагностические мероприятия: рентгенография левой бедренной кости (нижней трети) в двух проекциях, ультрасонография мягких тканей нижней трети левого бедра, мультиспиральная компьютерная томография левого бедра, КТ-ангиография сосудов нижних конечностей.

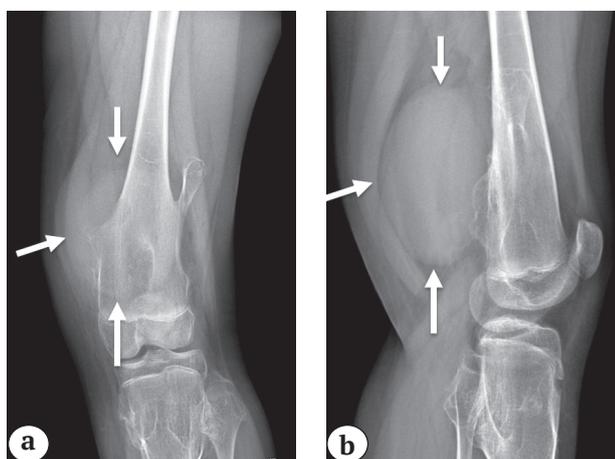
На боковой рентгенограмме левого коленного сустава обнаружены костно-хрящевой экзостоз, исходящий из дистального метаэпифиза левой бедренной кости, размером 44,1×10,6 мм, и объемное образование овоидной формы с четким контуром, прилежащее к экзостозу и оттесняющее кзади медиальную группу мышц сгибателей бедра (рис. 1).

При ультразвуковом обследовании в мягких тканях медиальной поверхности нижней трети левого бедра визуализируется пульсирующее анэхогенное образование с четкими ровными контурами размером 80×75 мм, в образовании определяется кровоток артериального типа (рис. 2).

По данным МРТ на уровне дистального эпиметафиза левой бедренной кости по заднемедиальной поверхности определяется полость, заполненная умеренно неоднородным содержимым,

окруженная гипоинтенсивной неравномерной капсулой, суммарно размерами 10,0×5,1×8,1 см. Визуализируется сдавленный, оттесненный образованием сосудисто-нервный пучок. Образование интимно прилежит к нижней трети левой бедренной кости. По передней поверхности бедренной кости отмечается гиперостоз, на широком основании, с нечетким, узурированным дистальным отделом (рис. 3).

При выполнении КТ-ангиографии на уровне дистального эпиметафиза правой бедренной кости по задне-внутренней поверхности выявлено объемное образование неправильной, округлой формы, неоднородной структуры с включениями жидкостной и мягкотканной плотности. Образование интимно прилежало к нижней трети левой бедренной кости, преимущественно на уровне костно-хрящевого экзостоза. Размеры образования 81×97×80 мм (рис. 4).



**Рис. 1.** Рентгенограмма левого коленного сустава больной 12 лет:

a — прямая проекция;  
b — боковая проекция.

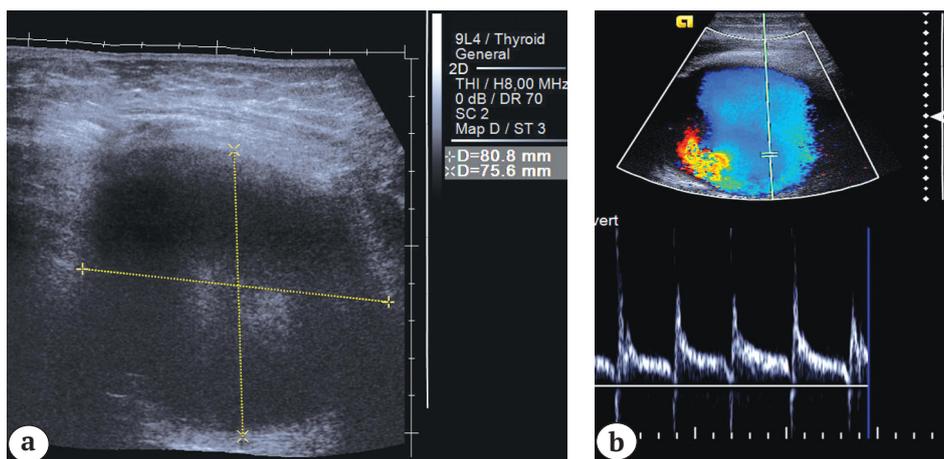
Стрелками обозначены границы ложной аневризмы

**Fig. 1.** X-ray of the left knee joint, female patient, 12 y.o.:

a — AP view;

b — lateral view.

Arrows mark the borders of pseudoaneurysm



**Рис. 2.** Ультразвуковое дуплексное сканирование с доплерографией:

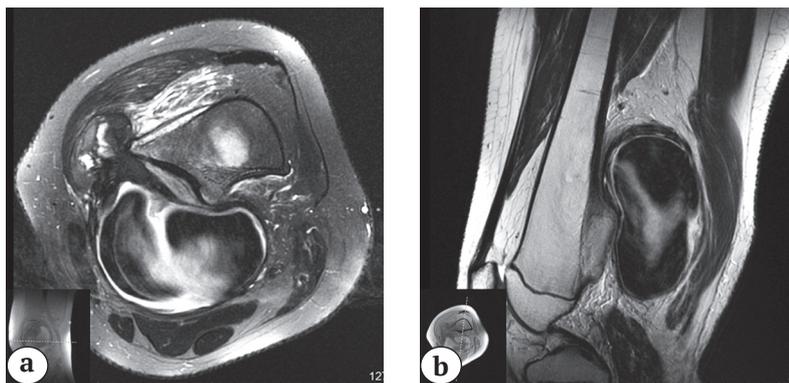
a — пульсирующее анэхогенное образование с четкими ровными контурами, размером 80×75 мм;

b — дуплексное сканирование с доплерографией: кровоток артериального типа в образовании

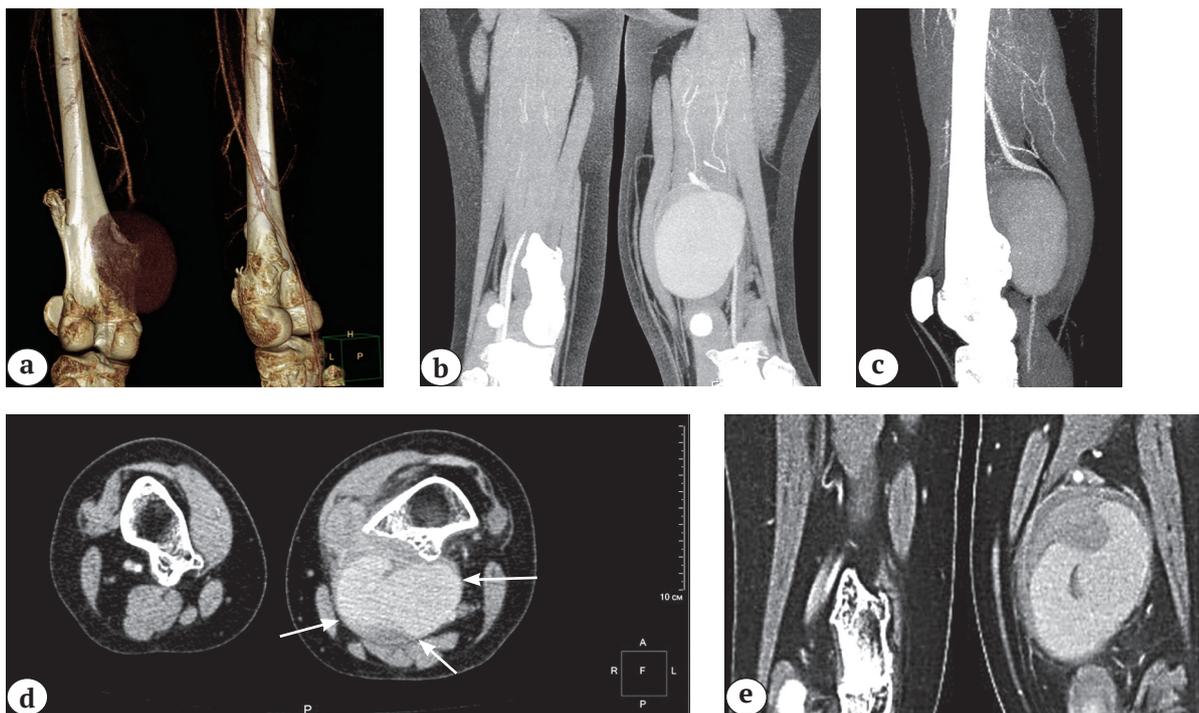
**Fig. 2.** Duplex-Doppler ultrasonography findings:

a — pulsating anechogenic formation with distinct even contour, dimensions of 80×75mm;

b — blood flow of arterial type in the formation



**Рис. 3.** МРТ левого бедра:  
а — аксиальный срез;  
б — сагиттальный срез  
(объяснения в тексте)  
**Fig. 3.** MRI of the left femur:  
а — axial view;  
б — sagittal view  
(comments are given in the text of the paper)



**Рис. 4.** Мультиспиральная КТ-ангиография сосудов нижних конечностей пациентки 12 лет:  
а — в режиме 3D-реконструкции; б — прямой вид в режиме MIP; с — боковой вид в режиме MIP;  
д — аксиальный срез (стрелками обозначены границы ложной аневризмы); е — сагиттальный срез  
**Fig. 4.** MSCT angiography of lower extremities vessels, female patient, 12 y.o.:  
а — 3D reconstruction mode; б — AP view in MIP mode; с — lateral view in MIP mode;  
д — axial view (arrow mark borders of pseudoaneurysm); е — sagittal view

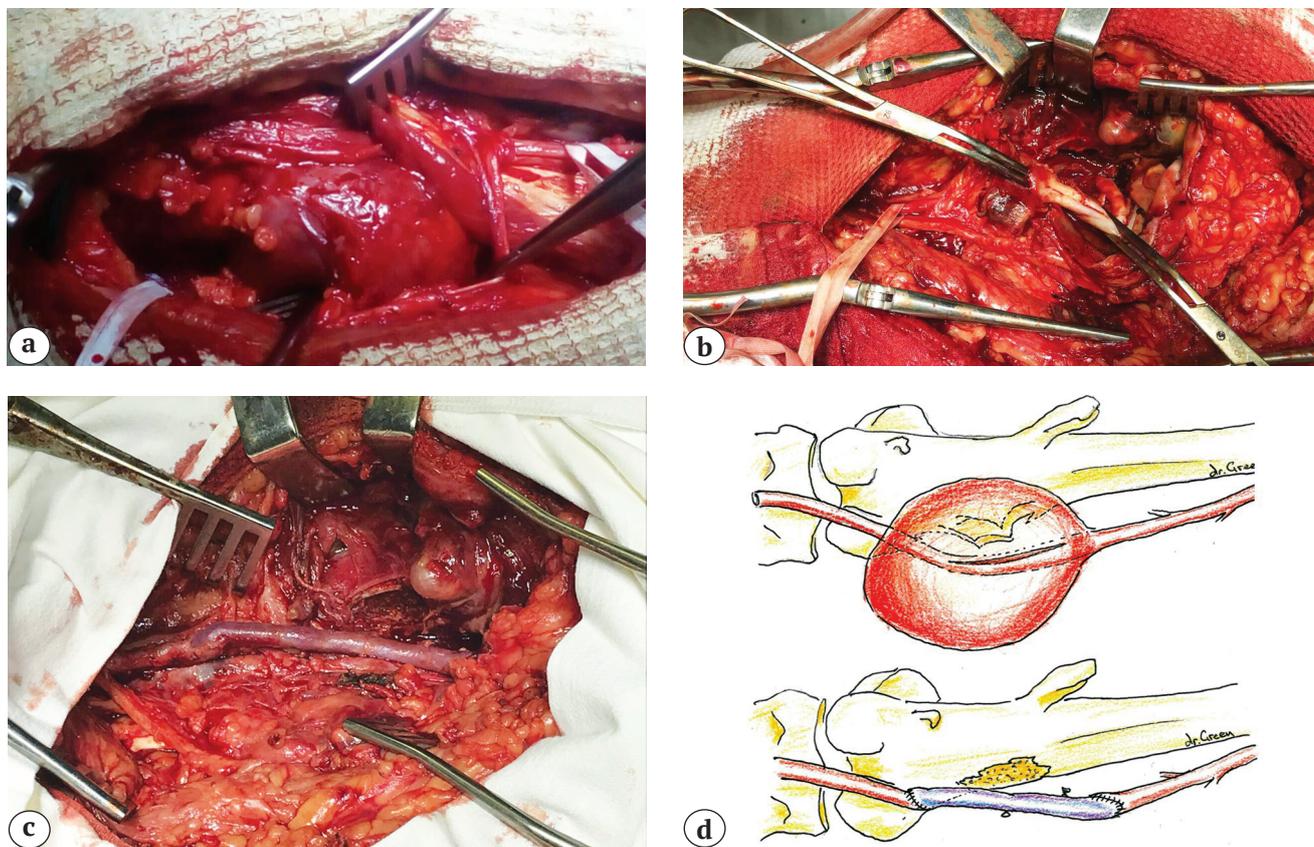
Бедренная артерия и вена на уровне нижней трети деформированы, оттеснены образованием кзади, на уровне наибольшего поперечного размера образования бедренная вена фрагментарно не дифференцируется. Отмечались патологическая извитость, расширение перфорантной вены слева. В связи с полученными в результате обследования данными больная с диагнозом «ложная аневризма левой бедренной артерии» направлена на стационарное лечение в отделение сосудистой хирургии. Через продольный разрез по медиальной поверхности правого бедра выполнена резекция ложной аневризмы левой поверхностной бедренной артерии с протезированием реверсирован-

ной аутовеной. Одномоментно удалены экзостозы в проекции сосудисто-нервного пучка, кость укрыта окружающими тканями. На рисунке 5 представлены интраоперационные фотографии и схема операции.

При контрольном обследовании через год после операции отмечают жалобы на умеренные боли по внутренней поверхности в нижней трети левого бедра. Пульсация периферических артерий отчетливая, симметричная, без систолического шума над артериями. По данным УЗИ: зона аутовенозного протезирования левой поверхностной бедренной артерии без признаков стенозирования, магистральные кровотоки не

нарушен, данных за аневризматическое расширение нет, диаметр артерии 4,5–8,4–5,4 мм. По данным КТ-ангиографии, зона реконструкции левой поверхностной бедренной артерии

без значимого стеноза, отмечается умеренное расширение аутовенозного трансплантата до 8 мм (рис. 6).



**Рис. 5.** Операция: резекция аневризмы бедренной артерии с аутовенозным протезированием и резекцией экзостозов:  
 а — ложная аневризма на границе нижней трети поверхностной бедренной артерии и подколенной артерии (взяты на держалки);  
 б — бедренная артерия пережата, резецирована ложная аневризма, продольный дефект артерии протяженностью более 3 см;  
 в — аутовенозное протезирование бедренной артерии, резекция экзостозов в проекции артерии, острые края кости укрыты окружающими тканями;  
 д — схема операции

**Fig. 5.** Resection of femoral artery aneurysm with autovenous grafting and exostoses resection:  
 а — pseudoaneurysm at the border of the lower third of femoral artery and popliteal artery;  
 б — clamped femoral artery, pseudoaneurysm resected, longitudinal defect over 3 cm;  
 в — autovenous grafting of femoral artery, exostoses resection in the projection of the artery, sharp bone edges were covered by surrounding tissues;  
 д — drawing of the procedure

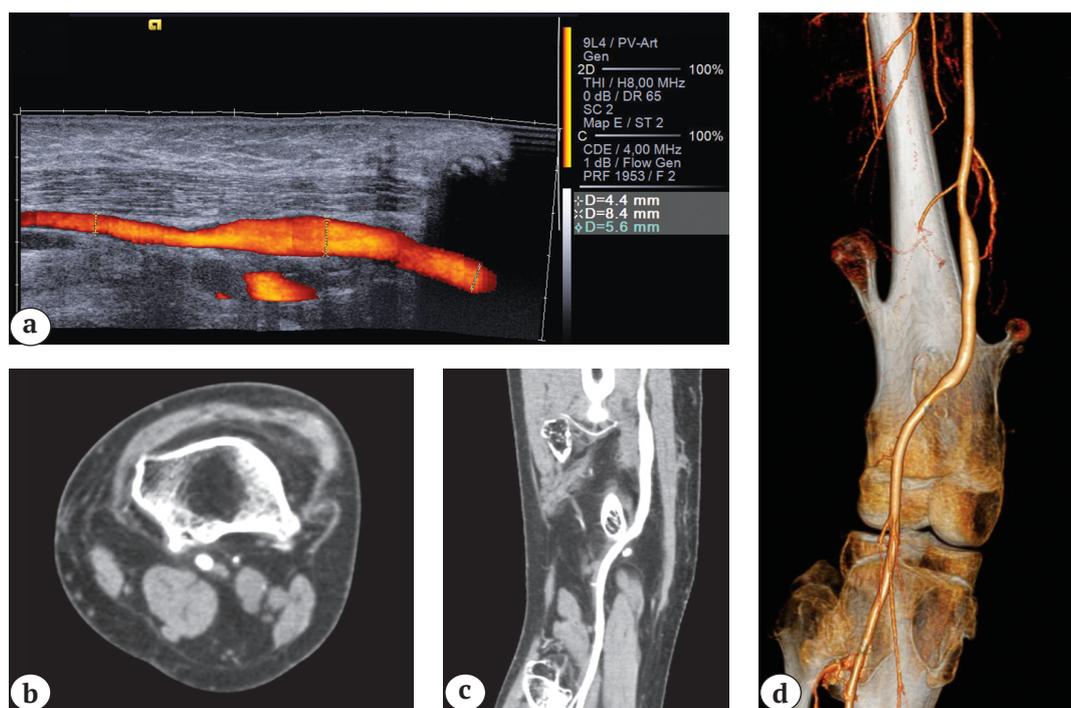


Рис. 6. Результаты лучевого исследования через год после операции:  
 а — ультразвуковое дуплексное сканирование в режиме энергетической доплерографии;  
 б — мультиспиральная КТ-ангиография, аксиальный срез на уровне дистального анастомоза аутовенозного трансплантата;  
 с — сагиттальный срез в MIP-режиме КТ-ангиография;  
 д — КТ-ангиография в режиме 3D-реконструкции

**Fig. 6.** Results of imaging examination 1 year postoperatively:  
 а — Duplex-Doppler scanning;  
 б — MSCT angiography, axial view at the level of distal anastomosis of the autovenous graft;  
 с — sagittal view in MIP mode of CTA;  
 д — CTA in 3D reconstruction mode

### Клинический случай 2

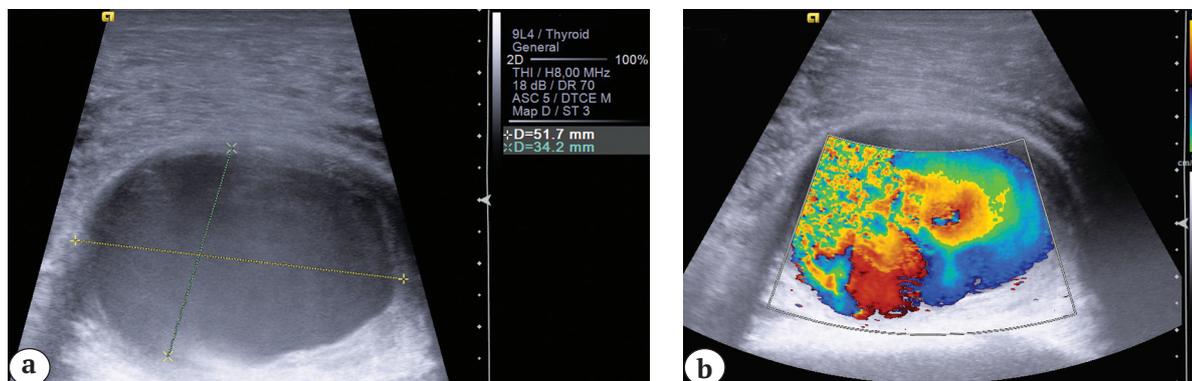
В январе 2018 г. для проведения планового оперативного вмешательства в связи со множественными костно-хрящевыми экзостозами в детское травматолого-ортопедическое отделение был госпитализирован пациент 15 лет. Была выполнена краевая резекция экзостозов по медиальной поверхности правой и левой большеберцовых костей. В послеоперационном периоде, на 7-е сутки пациент пожаловался на пульсирующую боль в области нижней трети правого бедра. При осмотре в нижней трети правого бедра по задней поверхности выявлено объемное пульсирующее образование размером около 7 см в диаметре, плотное, болезненное при пальпации. При ультразвуковом исследовании по задней поверхности нижней трети правого бедра визуализировано локальное расширение поверхностной бедренной артерии размерами 52×34×50 мм с магистральным артериальным кровотоком в нем. Стенка сосуда утолщена, определяются пристеночные тромботические массы (рис. 7).

При КТ-ангиографии правой подколенной области определялось образование овальной формы, с четким ровным контуром, однородной структуры, размером 5×3×5 см. К образованию прилежит правая поверхностная бедренная артерия. Артерия и вена на этом уровне оттеснены образованием. Образование интимно прилежало к нижней трети диафиза левой бедренной кости по задне-внутренней поверхности. Отмечена деформация кости на уровне образования, кортикальный слой фрагментарно не дифференцировался, по внутренней поверхности — краевые остеофиты. Выявлен выраженный отек мягких тканей на уровне обследования (рис. 8).

Учитывая результаты инструментального обследования, пациент был направлен на оперативное лечение в отделение сосудистой хирургии для проведения оперативного вмешательства. Через продольный Z-образный разрез в подколенной области выполнена резекция ложной аневризмы левой подколенной артерии с протезированием реверсированной аутовеной.

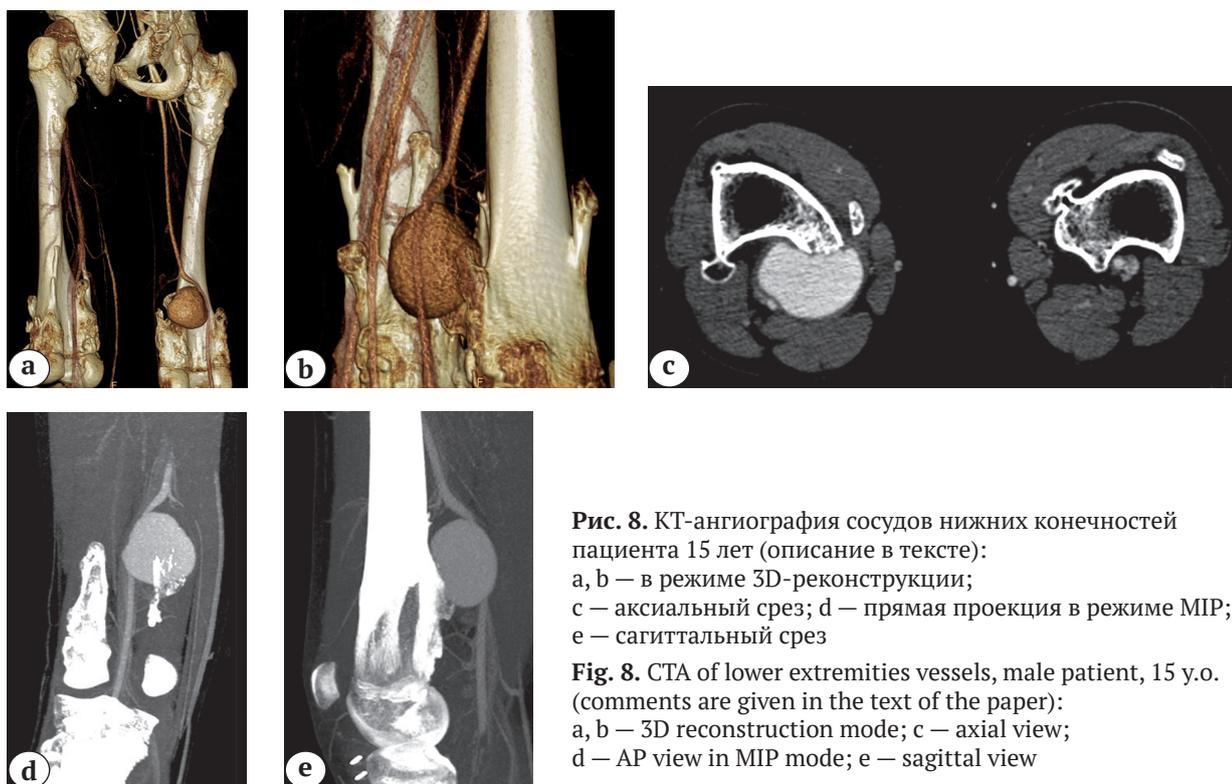
Одномоментно удалены остроконечные экзостозы в проекции сосудисто-нервного пучка, кость укрыта окружающими тканями. Ранний послеоперационный период протекал без осложне-

ний. При контрольном обследовании через год после операции по данным УЗИ не выявлено признаков стеноза или аневризм трансплантата (рис. 9).



**Рис. 7.** Ультразвуковое дуплексное сканирование с доплерографией:  
 а — пульсирующее анэхогенное образование с четкими ровными контурами размером 51×34 мм;  
 б — дуплексное сканирование с доплерографией: кровоток артериального типа в образовании

**Fig. 7.** Duplex-Doppler ultrasonography findings:  
 а — pulsating anechogenic formation with distinct even contour, dimensions of 51×34 mm;  
 б — blood flow of arterial type in the formation



**Рис. 8.** КТ-ангиография сосудов нижних конечностей пациента 15 лет (описание в тексте):  
 а, б — в режиме 3D-реконструкции;  
 с — аксиальный срез; д — прямая проекция в режиме MIP;  
 е — сагиттальный срез

**Fig. 8.** CTA of lower extremities vessels, male patient, 15 y.o. (comments are given in the text of the paper):  
 а, б — 3D reconstruction mode; с — axial view;  
 д — AP view in MIP mode; е — sagittal view



новки диагноза из-за точной и неинвазивной анатомической оценки артериального русла и костных структур. Своевременное хирургическое лечение позволяет предупредить риск развития таких осложнений, как разрыв аневризмы с кровотечением, тромбоэмболия артерий голени с развитием ишемии нижней конечности, тромбоз глубоких вен нижней конечности, сдавление нервных стволов. Сосудистая реконструкция должна сопровождаться одномоментной резекцией близко расположенных экзостозов для профилактики повторного повреждения стенки сосуда и развития стеноза трансплантата.

#### Этика публикации

Законные представители пациентов дали письменное информированное согласие на публикацию материалов.

*Конфликт интересов:* не заявлен.

*Источник финансирования:* государственное бюджетное финансирование.

#### Вклад авторов

*Затравкина Т.Ю.* — разработка концепции и дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, обследование пациента, написание текста рукописи, анализ полученных данных, коррекция и редактирование, утверждение рукописи.

*Буров Ю.А.* — обследование пациента, проведение оперативного вмешательства, анализ полученных данных, коррекция и редактирование.

*Шаницын И.Н.* — разработка концепции и дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, обследование пациента, написание текста рукописи, анализ полученных данных, коррекция и редактирование.

*Максюшина Т.Д.* — обследование пациента, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, коррекция и редактирование.

*Титова Ю.И.* — обследование пациента, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных.

*Сумин Д.Ю.* — обследование пациента, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных.

*Ионова Т.А.* — обследование пациента, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных.

*Миронов И.А.* — обследование пациента, проведение оперативного вмешательства, анализ полученных данных.

#### Литература [References]

1. Волков М.В. Болезни костей у детей. М. : Медицина, 1974. с. 139-141.  
Volkov M.V. [Bone diseases in children]. Moscow : Meditsina; 1974. p. 139-141.
2. Юкина Г.П. Изменения в тазобедренных суставах при экзостозной хондродисплазии. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1971;(6):47-49.  
Yukina G.P. [Changing in hip joints with exostose chondrodysplasia]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopedics, Traumatology and Prosthetics]. 1971;(6):47-49 (In Russian).
3. Зацепин С.Т. Костная патология взрослых. М. : Медицина; 2001. с. 226-233.  
Zatcepin S.T. [Bone pathology in adults]. Moscow: Meditsina; 2001. p. 134.
4. Jaffe H.L. Tumors and tumor conditions of the bones and joints. Philadelphia : Lea & Febiger; 1958. p. 143-168.
5. Lichtenstein L., Bernstein D. Unusual benign and malignant chondroid tumors of bone. A survey of some mesenchymal cartilage tumors and malignant chondroblastic tumors, including a few multicentric ones, as well as many atypical benign chondroblastomas and chondromyxoid fibromas. *Cancer*. 1959;12:1142-1157. doi: 10.1002/1097-0142(195911/12)12:6<1142::aid-cnrcr2820120610>3.0.co;2-d
6. Safary A., Limlosch J., Baillon J. [Exostosing disease. One case report. Review of the literature]. *Acta Orthop Belg*. 1978;44(4):485-495. (In French).
7. Stickens D., Broun D., Evans G.A. EXT genes are differentially expressed in bones and cartilage during mouse embryogenesis. *Dev Dyn*. 2000. 218(3):452-464. doi: 10.1002/1097-0177(200007)218:3<452::AID-DVDY1000>3.0.CO;2-P.
8. Trivedi H., Link T.M., O'Donnell R.J., Horvai A.E., Motamedi D. Multiple hereditary exostoses: A pseudoaneurysm masquerading as tumor. *Radiology Case*. 2016;10(8):50-59. doi: 10.3941/jrcr.v10i8.2849.
9. Onan B., Onan I.S., Guner Y., Yeniterzi M. Peroneal nerve palsy caused by popliteal pseudoaneurysm in a child with hereditary multiple exostosis. *Ann Vasc Surg*. 2014;28(4): 1037.e5-9. doi: 10.1016/j.avsg.2013.08.018.
10. Vasseur M.A., Fabre O. Vascular complications of osteochondromas. *J Vasc Surg*. 2000;31(3):532-538.
11. Boyacioglu K., Kayalar N., Sarioğlu S., Yildizhan I., Mert B., Erentuğ V. Popliteal artery pseudoaneurysm associated with solitary osteochondromatosis. *Vascular*. 2014;22(4):286-289. doi: 10.1177/1708538113486784.
12. Pellenc Q., Capdevila C., Julia P., Fabiani J.N. Ruptured popliteal artery pseudoaneurysm complicating a femoral osteochondroma in young patient. *J Vasc Surg*. 2012;55(4):1164-1165. doi: 10.1016/j.jvs.2011.01.060.
13. Malhotra A., Moolchand S., Goel H.K., Yadav B.S. Superficial femoral artery pseudo aneurysm: A rare vascular complication of exostoses. *Ind J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;25:205-207.
14. Raheerantenaina F., Rakoto-Ratsimba H.N., Rajaonahary T.M. Management of extremity arterial pseudoaneurysms associated with osteochondromas. *Vascular*. 2016;24(6):628-637. doi: 10.1177/1708538116634532.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Затравкина Татьяна Юрьевна* — канд. мед. наук, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов

#### AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Tat'yana Yu. Zatravkina* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Буров Юрий Александрович* — д-р мед. наук, заведующий первым сосудистым отделением ГУЗ «Саратовская городская клиническая больница № 1 им. Ю.Я. Гордеева» г. Саратов

*Шаницин Иван Николаевич* — научный сотрудник, Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов

*Максюшина Татьяна Дмитриевна* — заведующая отделением лучевой диагностики, Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов

*Титова Юлия Ивановна* — врач-рентгенолог, Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов

*Сумин Дмитрий Юрьевич* — младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов

*Ионова Татьяна Александровна* — врач ультразвуковой диагностики, Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского», г. Саратов

*Миронов Игорь Александрович* — врач сосудистый хирург, ГУЗ «Саратовская городская клиническая больница № 1 им. Ю.Я. Гордеева», г. Саратов

*Yurii A. Burov* — Dr. Sci. (Med.), Head of the First Vascular Department, Gordeev Saratov Clinical City Hospital No1, Saratov, Russian Federation

*Ivan N. Shanitsyn* — Researcher, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Tat'yana D. Maksyushina* — Head of Department of X-Ray Diagnostics, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Yuliya I. Titova* — Radiologist, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Dmitry Yu. Sumin* — Researcher, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Tat'yana A. Ionova* — Ultrasound Doctor, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russian Federation

*Igor' A. Mironov* — Vascular Surgeon, Gordeev Saratov Clinical City Hospital No. 1, Saratov, Russian Federation

## Определение деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава

Д.В. Мартыненко, В.П. Волошин, Л.А. Шерман, К.В. Шевырев,  
С.А. Ошкуков, Е.В. Степанов

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»,  
Москва, Россия

### Реферат

**Цель исследования** — усовершенствовать методику двумерного планирования тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в части планирования размещения вертлужного компонента в деформированной вертлужной впадине, а также определить место усовершенствованного метода в практике эндопротезирования. **Материал и методы.** Особенности рентгеновской анатомии вертлужной впадины и ее заполнения изучали на 1058 рентгенограммах тазобедренного сустава в прямой проекции по разработанной нами методике определения вертлужного квадрата — места стандартного расположения в вертлужной впадине сферичной головки бедренной кости или полусферичного вертлужного компонента. Методика состояла в определении вершины «фигуры слезы»; наиболее латеральных точек терминальной линии таза и крыши вертлужной впадины; верхней точки полости вертлужной впадины; медиальной и нижней точек вертлужного заполнения и построении сторон вертлужного квадрата — медиальной, нижней, латеральной и верхней ограничивающих линий. Соединение вершины «фигуры слезы» и латеральной точки терминальной линии таза формировало медиальную сторону вертлужного квадрата, перпендикуляр к ней, проведенный через вершину «фигуры слезы» его нижнюю сторону. Латеральная сторона проводилась либо через точку пересечения восходящей диагональной линии — биссектрисы из вершины «фигуры слезы» с контуром крыши вертлужной впадины, либо являлась частью проекции наиболее латеральной точки крыши вертлужной впадины на нижнюю сторону квадрата. Верхняя сторона являлась перпендикуляром, соединяющим точку пересечения восходящей диагональной и латеральной ограничивающей линий с медиальной стороной вертлужного квадрата. Область деформированной вертлужной полости за пределами вертлужного квадрата оценивалась как дефект вертлужной впадины. **Результаты.** Применение методики определения вертлужного квадрата позволило выделить типы отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения в поперечном (9 типов) и продольном (7 типов) направлениях. Сочетание типа поперечного отношения вертлужной полости и вертлужного заполнения с продольным типом дало возможность определить варианты вертлужной деформации в двухмерном представлении. В работе определено 25 вариантов вертлужных деформаций. Среди анатомических особенностей наибольшее значение имели костные дефекты стенок вертлужной впадины. Краниальный дефект вертлужной впадины отмечен в 450 наблюдениях, дефект ее медиальной стенки — 38 наблюдениях, дефект, включающий краниальные и медиальные отделы, в 7 наблюдениях. **Заключение.** Предлагаемая методика определения вертлужного квадрата и вариантов вертлужных деформаций позволяет провести скрининг анатомических особенностей вертлужной впадины при двумерном предоперационном планировании и принять обоснованное решение о привлечении других методов планирования. Выявленный вариант вертлужной деформации при предоперационном планировании позволяет выработать показания к замещению ацетабулярных костных дефектов и/или резекционному моделированию ацетабулярных остеофитов.

**Ключевые слова:** деформация вертлужной впадины, рентгеновская анатомия, предоперационное планирование, вертлужный квадрат, регистр эндопротезирования.

Мартыненко Д.В., Волошин В.П., Шерман Л.А., Шевырев К.В., Ошкуков С.А., Степанов Е.В. Определение деформации вертлужной впадины при предоперационном планировании эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):153-164. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.

**Cite as:** Martynenko D.V., Voloshin V.P., Sherman L.A., Shevyrev K.V., Oshukov S.A., Stepanov E.V. [Assessment of Acetabulum Deformity During Preoperative Planning for Hip Arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):153-164. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-153-164.

✉ Мартыненко Дмитрий Владимирович / Dmitry V. Martynenko; e-mail: ant0708@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 26.03.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 08.08.2019.

## Assessment of Acetabulum Deformity During Preoperative Planning for Hip Arthroplasty

D.V. Martynenko, V.P. Voloshin, L.A. Sherman, K.V. Shevyrev, S.A. Oshkukov, E.V. Stepanov

Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI),  
Moscow, Russian Federation

### Abstract

**Purpose of the study** — to improve the two-dimensional planning of total hip joint arthroplasty to ensure precise positioning of the acetabular component in the deformed acetabulum. **Materials and methods.** Features of roentgenological anatomy of acetabulum and its coverage were studied on 1058 hip joint X-rays in the AP view in accordance with the procedure developed by the authors to define acetabular square — the site of standard positioning of a spherical femoral head in the acetabulum or of a hemispherical acetabular component. The method consisted of identifying the apex of “teardrop” figure; the most lateral points of the pelvic terminal line and roof of the acetabulum; superior part of the acetabular cavity; medial and inferior points of acetabular coverage, and building the sides of acetabular square — medial, inferior, lateral and superior boundary lines. Connection of “teardrop” apex and lateral point of the pelvic terminal line formed the medial side of acetabular square, and a perpendicular to that line drawn through the “teardrop” apex to its inferior side. The lateral side was drawn either through the intersection of the ascending diagonal line — bisector from the top of the “teardrop” figure with the contour of the acetabulum roof, or was a part of the projection of the most lateral point of the acetabular roof on the inferior side of the square. The superior side was a perpendicular connecting the intersection of the ascending diagonal and lateral bounding lines with the medial side of the acetabular square. The area of the deformed acetabular cavity located outside of the acetabular square was assessed as the acetabular defect. **Results.** Method of defining the acetabular square allowed to identify types of ratios between acetabular cavity and acetabular coverage in transverse (9 types) and longitudinal (7 types) direction. Combination of transverse ratio of acetabular cavity and coverage with longitudinal type allowed to define the options of acetabular deformities in two-dimensional view. The authors identified 25 types of acetabular deformities. Bone defects of acetabular walls were of the major importance among all anatomical features. Cranial defect of acetabulum was observed in 450 cases, medial wall defect — in 38 cases, defect including cranial and medial areas — in 7 cases. **Conclusion.** The method suggested by the authors to determine acetabular square and acetabular deformity variations allows to screen the anatomical features of the acetabulum during two-dimensional preoperative planning and to make an informed decision on the need to use other planning techniques. The type of acetabular deformity identified during preoperative planning allows to elaborate the indications for replacement of acetabular bone defects and/or resection of acetabular osteophytes.

**Keywords:** acetabulum deformity, X-ray anatomy, preoperative planning, acetabular square, arthroplasty register.

### Введение

Деформация вертлужной впадины — распространенное проявление заболеваний и травм тазобедренного сустава. Она характеризуется наличием дефектов стенок вертлужной впадины и (или) костными разрастаниями — остеофитами. Деформированная вертлужная впадина затрудняет интраоперационную ориентацию вертлужного компонента тотального эндопротеза тазобедренного сустава, а наличие выраженных дефектов уменьшает возможности фиксации имплантата [1, 2, 3]. Чем значительнее анатомические изменения вертлужной впадины, тем чаще для оптимизации фиксации требуется нестандартное размещение вертлужного компонента [4, 5, 6, 7, 8], приводящее к малопрогнозируемым изменениям биомеханики [9, 10, 11].

Предоперационное планирование тотального эндопротезирования в рутинной клинической практике проводится с использованием рентгенограмм тазобедренных суставов, выполненных в прямой проекции. Данная проекция хорошо изучена, стандартизирована и потому наиболее информативна как для предоперационного планирования, так и для оценки результатов эндопротезирования [12, 13].

Оценка рентгеноанатомических изменений вертлужной впадины — важная составляющая предоперационного планирования эндопротезирования тазобедренного сустава, однако методика определения области размещения вертлужного компонента в деформированной вертлужной впадине разработана недостаточно. Известная методика построения треугольника Ranavat [14, 15, 16]

имеет недостатки, не позволяющие в ряде случаев адекватно оценить конкретную рентгеноанатомическую ситуацию. Это связано с тем, что данное построение не учитывает изменения, вызванные статическим наклоном таза в сагиттальной плоскости [17]; не в полной мере учитывает антропометрические особенности больного; не привязано к конкретным рентгеноанатомическим параметрам вертлужной впадины.

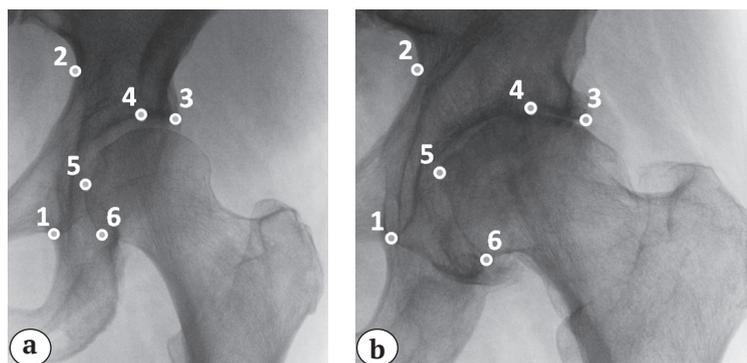
**Цель исследования** — попытка усовершенствовать методику двумерного планирования тотального эндопротезирования тазобедренного сустава в части планирования размещения вертлужного компонента в деформированной вертлужной впадине, а также определить место усовершенствованного метода в практике эндопротезирования.

### Материал и методы

В работе изучены особенности рентгеновской анатомии вертлужной впадины и ее заполнения на 1058 прямых рентгенограммах тазобедренного сустава.

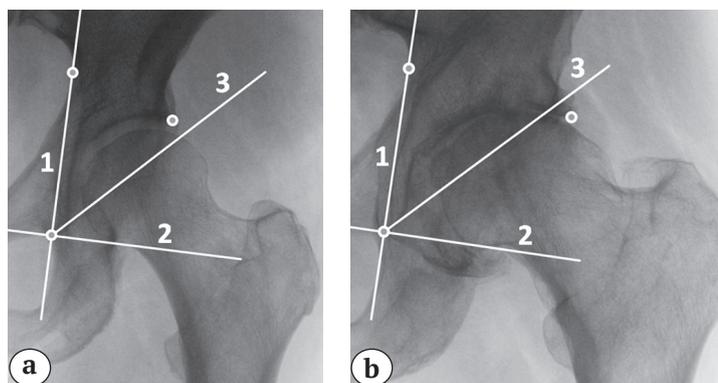
На прямых рентгенограммах тазобедренных суставов мы оценивали зону контакта суставных поверхностей тазовой и бедренной костей. Для рентгенологической оценки контуров вертлужной впадины определяли следующие рентгеноанатомические ориентиры (рис. 1): верхушку «фигуры слезы» или «капли» [14]; наиболее латеральную точку терминальной линии таза; наиболее латеральную точку крыши вертлужной впадины; верхнюю точку полости вертлужной впадины; медиальную и нижнюю точки вертлужного заполнения.

На основании рентгеноанатомических ориентиров осуществляли следующие построения (рис. 2): через верхушку «фигуры слезы» и латеральную точку терминальной линии таза проводили медиальную ограничивающую линию, к которой через верхушку «фигуры слезы» восстанавливали перпендикуляр — нижнюю ограничивающую линию. Из угла, образованного пересечением двух названных линий, вверх и латерально проводили биссектрису — восходящую диагональную линию.



**Рис. 1.** Рентгенограммы диспластического тазобедренного сустава (а) и тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом (б): 1 — верхушка «фигуры слезы» вертлужной впадины; 2 — латеральная точка терминальной линии; 3 — латеральная точка крыши вертлужной впадины; 4 — верхняя точка полости вертлужной впадины; 5 — медиальная точка вертлужного заполнения; 6 — нижняя точка вертлужного заполнения

**Fig. 1.** X-rays of dysplastic hip joint (a) and hip osteoarthritis (b): 1 — apex of “tear drop” of acetabulum; 2 — lateral point of terminal line; 3 — lateral point of acetabular roof; 4 — superior point of acetabular cavity; 5 — medial point of acetabular coverage; 6 — inferior point of acetabular coverage



**Рис. 2.** Рентгенограммы диспластического тазобедренного сустава (а) и тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом (б): 1 — медиальная ограничивающая линия; 2 — нижняя ограничивающая линия; 3 — восходящая диагональная линия

**Fig. 2.** X-rays of dysplastic hip joint (a) and hip osteoarthritis (b): 1 — medial border line; 2 — inferior border line; 3 — ascending diagonal line

Через точку пересечения восходящей диагональной линии с контуром крыши вертлужной впадины проводили параллельную медиальной ограничивающей линии — латеральную ограничивающую линию (рис. 3а). Если восходящая диагональная линия не пересекала контур крыши вертлужной впадины, латеральная ограничивающая линия проводилась через латеральную точку крыши вертлужной впадины (рис. 3б).

Через точку пересечения восходящей диагональной и латеральной ограничивающей линий проводили верхнюю ограничивающую линию, ориентированную параллельно нижней ограничивающей линии (рис. 4).

В результате построений получали вертлужный квадрат — геометрическую фигуру, образованную пересечением медиальной, нижней, латеральной и верхней ограничивающих линий.

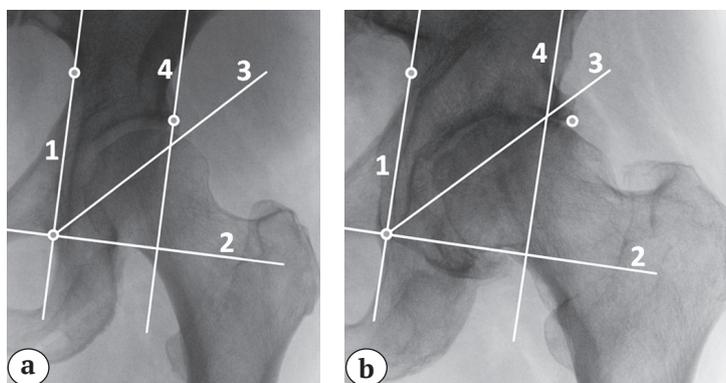
С помощью описанных построений были определены направления, в которых проводилась оценка контуров вертлужной впадины. Продольное направление соответствовало медиальной и латеральной ограничивающим линиям. Поперечное направление соответствовало нижней и верхней ограничивающим линиям.

Вертлужный квадрат использовали для характеристики той части изображения вертлужной впадины, в которую возможно вписать максимальный полукруглый контур головки бедренной кости или вертлужного компонента, наклон кото-

рого параллелен восходящей диагональной линии (рис. 5).

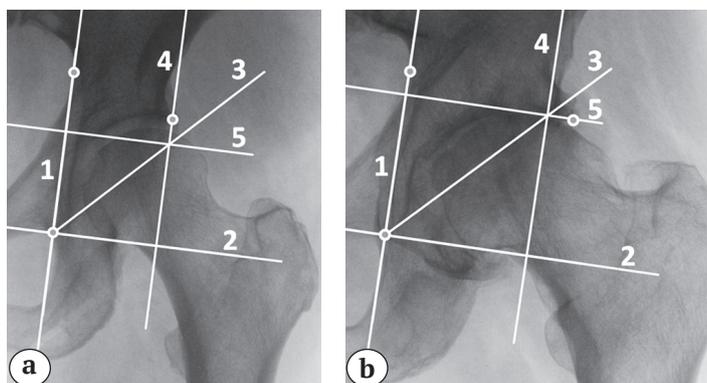
В норме вертлужная впадина имеет полусферическую форму, вмещающую сферическую головку бедренной кости. Наличие деформации вертлужной впадины нарушает ее исходную симметрию, часто объем вертлужной полости становится больше объема вмещаемой сферической головки. Таким образом, объем вертлужной полости разделяется на две части: часть, способную вместить сферу, и добавочную часть. Использование вертлужного квадрата позволило нам на прямых рентгенограммах тазобедренного сустава определить место стандартного расположения сферической головки бедренной кости или полусферического вертлужного компонента и оценить добавочный объем деформированной вертлужной впадины — ее дефект.

Изменение заполнения вертлужной полости при дегенеративно-дистрофических поражениях тазобедренного сустава, как правило, способствовало развитию деформации вертлужной впадины. Так, например, при латеральном смещении головки бедренной кости в ниже-медиальных отделах вертлужной впадины формировались остеофиты, изменяющие геометрию дна и нижних отделов впадины. Учитывая влияние заполнения вертлужной впадины на ее деформацию, в работе исследовали не только размеры вертлужной полости, но и размеры вертлужного заполнения.



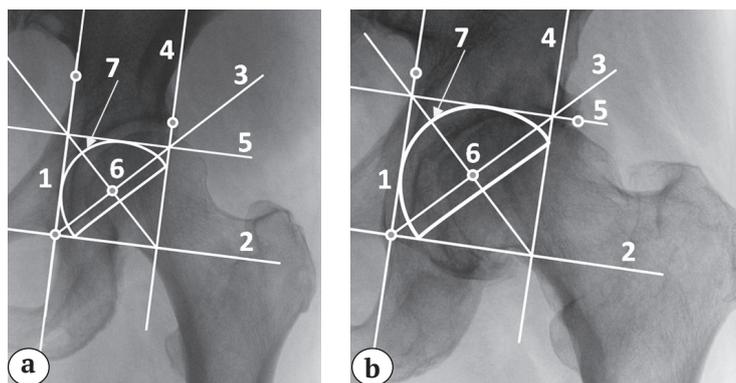
**Рис. 3.** Рентгенограммы диспластического тазобедренного сустава (а) и тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом (б): 1 — медиальная ограничивающая линия; 2 — нижняя ограничивающая линия; 3 — восходящая диагональная линия; 4 — латеральная ограничивающая линия

**Fig. 3.** X-rays of dysplastic hip joint (a) and hip joint with deforming arthrosis (b): 1 — medial border line; 2 — inferior border line; 3 — ascending diagonal line; 4 — lateral border line



**Рис. 4.** Рентгенограммы диспластического тазобедренного сустава (а) и тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом (б): 1 — медиальная ограничивающая линия; 2 — нижняя ограничивающая линия; 3 — восходящая диагональная линия; 4 — латеральная ограничивающая линия; 5 — верхняя ограничивающая линия

**Fig. 4.** X-rays of dysplastic hip joint (a) and hiposteoarthritis (b): 1 — medial border line; 2 — inferior border line; 3 — ascending diagonal line; 4 — lateral border line; 5 — superior border line



**Рис. 5.** Рентгенограммы диспластического тазобедренного сустава (а) и тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом (б):

1 — медиальная ограничивающая линия; 2 — нижняя ограничивающая линия;  
3 — восходящая диагональная линия; 4 — латеральная ограничивающая линия;  
5 — верхняя ограничивающая линия; 6 — центр вертлужного квадрата;  
7 — контур вертлужного компонента, вписанный в вертлужный квадрат

**Fig. 5.** X-rays of dysplastic hip joint (a) and hip osteoarthritis (b):

1 — medial border line; 2 — inferior border line;  
3 — ascending diagonal line; 4 — lateral border line; 5 — superior border line;  
6 — center of acetabular square; 7 — contour of acetabular component inscribed into the acetabular square

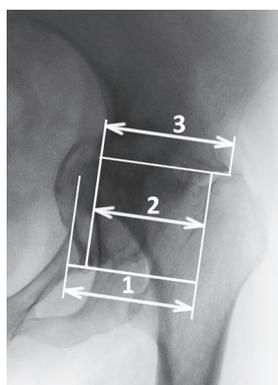
Размеры вертлужной полости и вертлужного заполнения оценивали в продольном и поперечном направлениях.

Оценка размеров вертлужной полости и вертлужного заполнения в поперечном направлении основывалась на определении медиальной протяженности вертлужного заполнения, латеральной протяженности вертлужной полости и протяженности вертлужного квадрата (рис. 6). Под медиальной протяженностью вертлужного заполнения понимали расстояние от медиальной точки вертлужного заполнения до латеральной ограничивающей линии. Латеральную протяженность вертлужной полости определяли как расстояние от латеральной точки крыши вертлужной впадины до медиальной ограничивающей линии.

Для оценки продольных размеров вертлужной полости и вертлужного заполнения определяли: краниальную протяженность вертлужной полости,

протяженность вертлужного квадрата, каудальную протяженность вертлужного заполнения и нижнее продольное запустение (рис. 7).

Краниальную протяженность вертлужной полости определяли как расстояние от нижней ограничивающей линии до верхней точки полости вертлужной впадины. За нижнее продольное запустение принимали расстояние от нижней точки вертлужного заполнения, если она располагалась выше нижней ограничивающей линии, до уровня нижней ограничивающей линии. Каудальная протяженность вертлужного заполнения отсчитывалась от верхней точки полости вертлужной впадины, если она располагалась выше верхней ограничивающей линии, или от самой этой линии до нижней точки вертлужного заполнения. При отсутствии нижнего продольного запустения каудальная протяженность вертлужного заполнения совпадала с краниальной протяженностью вертлужной полости.

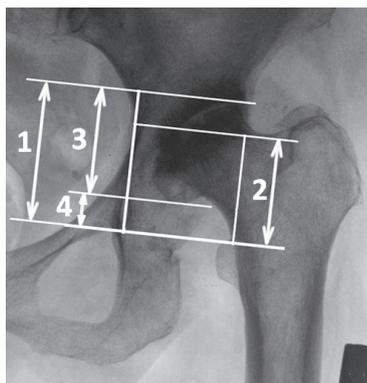


**Рис. 6.** Рентгенограммы тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом:

1 — медиальная протяженность вертлужного заполнения;  
2 — протяженность вертлужного квадрата;  
3 — латеральная протяженность вертлужной полости

**Fig. 6.** X-rays of dysplastic hip joint (a) and hip osteoarthritis (b):

1 — medial length of acetabular coverage;  
2 — acetabular square length;  
3 — lateral length of acetabular cavity



**Рис. 7.** Рентгенограммы тазобедренного сустава, пораженного деформирующим артрозом:

- 1 — краниальная протяженность вертлужной полости;
- 2 — протяженность вертлужного квадрата;
- 3 — каудальная протяженность вертлужного заполнения;
- 4 — нижнее продольное запустение

**Fig. 7.** X-rays of hip osteoarthritis:

- 1 — cranial length of acetabular cavity;
- 2 — length of acetabular square,
- 3 — caudal length of acetabular coverage;
- 4 — inferior longitudinal incongruity

## Результаты

В нашем исследовании на 1058 прямых рентгенограммах тазобедренного сустава оценивались продольные и поперечные размеры вертлужной полости и вертлужного заполнения. В 200 случаях вертлужная полость вмещала сферичную головку бедренной кости или головку гемизэндопротеза, а в 858 случаях деформированную головку бедренной кости.

Оценка продольных и поперечных размеров вертлужной полости и вертлужного заполнения состояла в их сравнении с протяженностью стороны вертлужного квадрата.

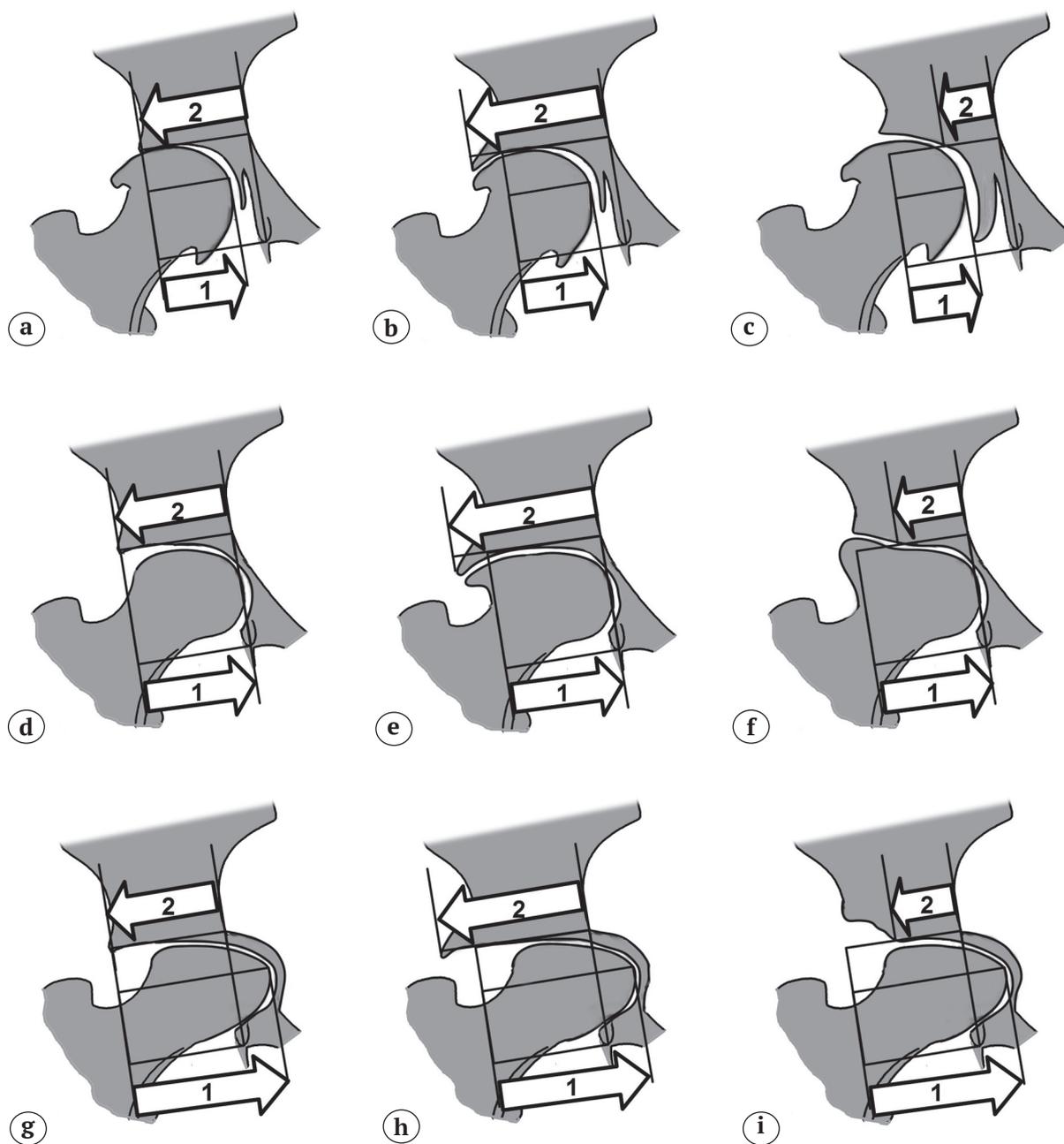
Сравнение поперечных размеров вертлужной полости и вертлужного заполнения с протяженностью стороны вертлужного квадрата позволило определить типы поперечных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения (рис. 8). Медиальная протяженность вертлужного заполнения не достигала (рис. 8a, 8b, 8c), достигала (рис. 8d, 8e, 8f) или распространялась за пределы медиальной ограничивающей линии (рис. 8g, 8h, 8i) при первом, втором и третьем типах поперечных отношений соответственно. Латеральная протяженность вертлужной впадины соответствовала (рис. 8a, 8d, 8g), превышала (рис. 8b, 8e, 8h) или была меньше протяженности стороны вертлужного квадрата (рис. 8c, 8f, 8i) при А, В и С типах поперечных отношений соответственно.

Сравнение продольных размеров вертлужной полости и вертлужного заполнения с протяженностью стороны вертлужного квадрата позволило определить типы продольных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения (рис. 9).

Соответствие вертлужной полости и вертлужного заполнения вертлужному квадрату отме-

чали при первом типе продольных отношений (рис. 9a). Наличие нижнего продольного запустения в случае, когда вертлужная полость совпадала с протяженностью вертлужного квадрата, характеризовало второй тип продольных отношений (рис. 9b). Соответствие краниальной протяженности вертлужной полости каудальной протяженности вертлужного заполнения в области, превышающей размеры вертлужного квадрата, отмечали при третьем типе продольных отношений (рис. 9c). Несоответствие краниальной протяженности вертлужной полости каудальной протяженности вертлужного заполнения в области, превышающей размеры вертлужного квадрата, отмечали при четвертом типе продольных отношений (рис. 9d, 9e, 9f). Большая, относительно протяженности вертлужного квадрата, каудальная протяженность вертлужного заполнения наблюдалась при 4А типе продольных отношений (рис. 9d). При 4В типе каудальная протяженность вертлужного заполнения равнялась протяженности вертлужного квадрата (рис. 9e). 4С тип характеризовался меньшим, относительно протяженности вертлужного квадрата, каудальным заполнением вертлужной полости (рис. 9f). Полное запустение вертлужного квадрата отмечали при пятом типе продольных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения (рис. 9g).

Характеризуя при предоперационном планировании деформацию вертлужной впадины, проводили сопоставление оценок продольных и поперечных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения. Всего выявлено 25 вариантов вертлужной деформации. В таблице приведены абсолютные значения и частота встречаемости выявленных рентгенологических вариантов деформаций вертлужной впадины.



**Рис. 8.** Схемы поперечных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения при типах 1А (а), 1В (b), 1С (с), 2А (d), 2В (e), 2С (f), 3А (g), 3В (h), 3С (i):

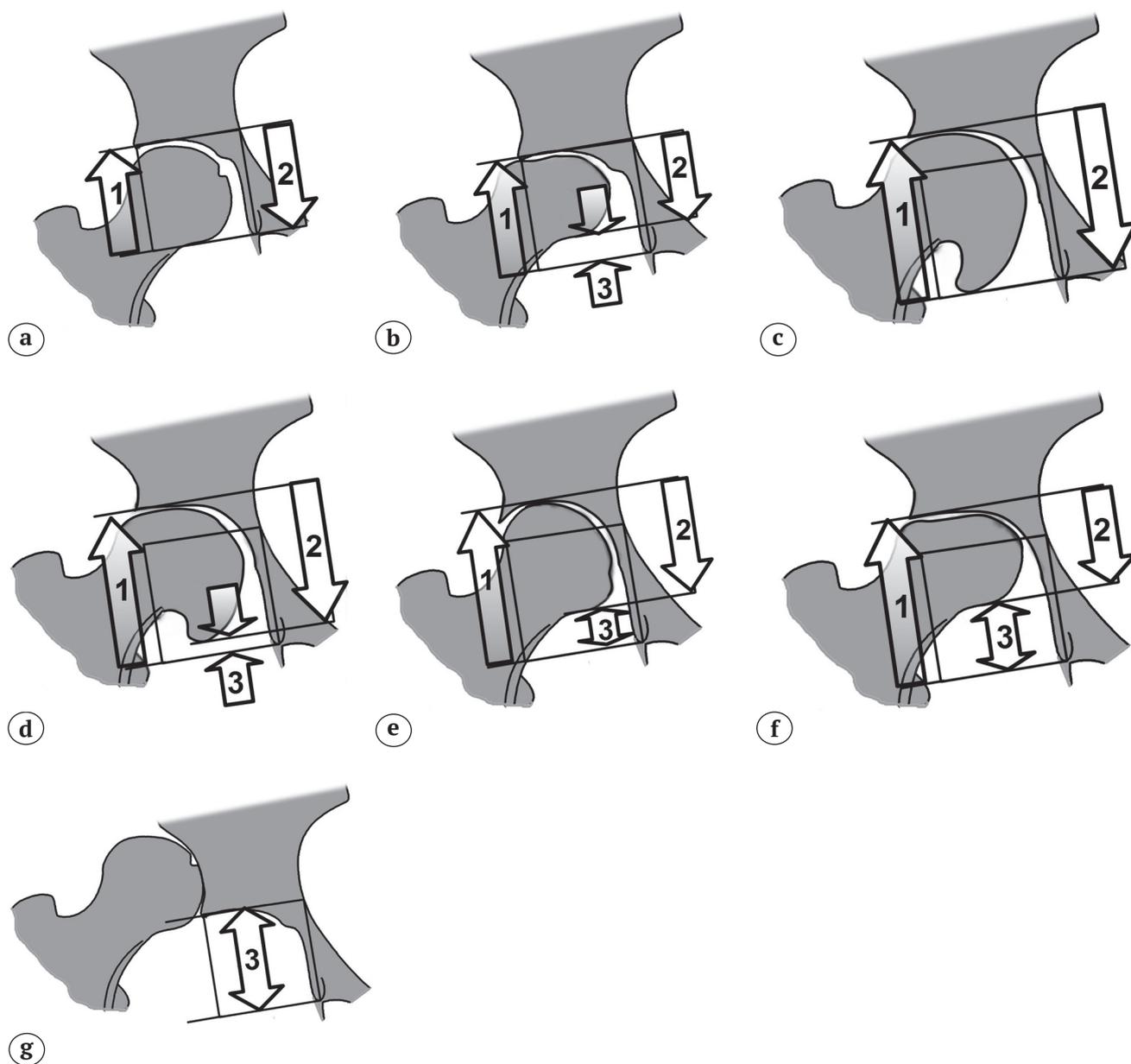
1 – медиальная протяженность вертлужного заполнения;

2 – латеральная протяженность вертлужной полости

**Fig. 8.** Transverse ratios of acetabular cavity and acetabular coverage in types 1A (a), 1B (b), 1C (c), 2A (d), 2B (e), 2C (f), 3A (g), 3B (h), 3C (i):

1 – medial length of acetabular coverage;

2 – lateral length of acetabular cavity



**Рис. 9.** Схемы продольных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения при типах 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4A (d), 4B (e), 4C (f), 5 (g):

1 – краниальная протяженность вертлужной полости;  
 2 – каудальная протяженность вертлужного заполнения;  
 3 – нижнее продольное запусение

**Fig. 9.** Longitudinal ratios of acetabular cavity and acetabular coverage in types 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4A (d), 4B (e), 4C (f), 5 (g): 1 – cranial length of acetabular cavity;  
 2 – caudal length of acetabular coverage;  
 3 – inferior longitudinal incongruity

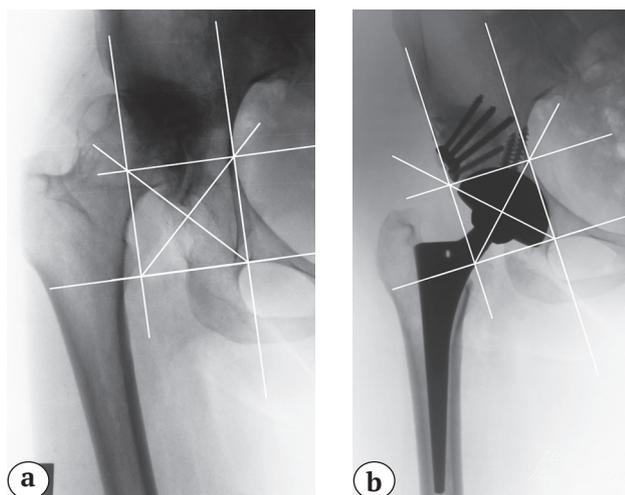
Соответствие типов продольных и поперечных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения в норме и при деформациях вертлужной впадины

Тип поперечных отношений	Тип продольных отношений						
	1	2	3	4А	4В	4С	5
1А	133 (12,6%)	58 (5,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	Не определялось
1В	147 (13,9%)	77 (7,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	Не определялось
1С	0 (0%)	0 (0%)	129 (12,2%)	83 (7,9%)	95 (9%)	96 (9,1%)	Не определялось
2А	8 (0,8%)	44 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	Не определялось
2В	20 (1,9%)	64 (6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	Не определялось
2С	0 (0%)	0 (0%)	3 (0,3%)	17 (1,6%)	12 (1,1%)	15 (1,4%)	Не определялось
3А	17 (1,6%)	7 (0,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	Не определялось
3В	5 (0,5%)	9 (0,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	Не определялось
3С	0 (0%)	0 (0%)	1 (0,1%)	2 (0,2%)	1 (0,1%)	3 (0,3%)	Не определялось

Наиболее часто в нашем исследовании встречались рентгеноанатомические варианты вертлужной деформации, сочетавшие 1В тип поперечных отношений, 1 тип продольных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения. Этот вариант, кодируемый нами как 1В-1, характеризовался наличием остеофита крыши вертлужной впадины, при наличии деформированной головки бедренной кости соответствовал рентгенологической картине латерального коксартроза типа overuse. Второй по частоте встречаемости рентгеноанатомический вариант 1А-1 характеризовал нормальную анатомию вертлужной впадины, в случае сферичной головки бедренной кости соответствовал рентгенологически нормальному тазобедренному суставу, а в случае деформированной головки бедренной кости рентгенологической картине латерального коксартроза типа overuse. Третий по частоте рентгеноанатомиче-

ский вариант 1С-3 при наличии сферичной головки оценивался как диспластический тазобедренный сустав с недостаточным покрытием головки бедренной кости крышей вертлужной впадины, а при наличии деформированной головки бедренной кости, как верхнелатеральный коксартроз с нижним остеофитом головки. При пятом типе продольных отношений определение поперечных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения не имело смысла, так как вертлужное заполнение в пределах вертлужного квадрата отсутствовало. Таких случаев было 12 (1,1%).

Определение варианта вертлужной деформации при предоперационном планировании, кроме локализации места установки вертлужного компонента, позволяло выработать показания к замещению ацетабулярных костных дефектов и/или резекционному моделированию ацетабулярных остеофитов (рис. 10).



**Рис. 10.** Рентгенограммы правого тазобедренного сустава до (а) и после (б) тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Рентгенологический вариант вертлужной деформации — 1С-4В. В результате операции вертлужный компонент имплантирован в пределах вертлужного квадрата; надвертлужный дефект заполнен регенерируемым костнопластическим материалом

**Fig. 10.** X-rays of the right hip before (a) and after (b) total hip arthroplasty. X-ray type of the acetabular deformation — 1C-4B. As a result of the operation, the acetabular component was implanted within the acetabular square, the supraacetabular defect was filled with bone graft

## Обсуждение

Актуальность проблемы предоперационного планирования тотального эндопротезирования тазобедренного сустава подтверждается широким спектром диагностических методов, применяемых для определения анатомических и структурных особенностей конкретного клинического случая, включая компьютерную томографию [18, 19, 20]. Однако весь известный спектр методик предоперационной оценки тазобедренного сустава используется крайне редко. Планирование эндопротезирования всегда начинается с трактовки прямой рентгенограммы тазобедренного сустава [16, 21], выполнение которой, в отличие от боковой и косых проекций, а также проекции по Лауэнштейн, достаточно легко стандартизировать [13]. Прямая проекция позволяет определить продольные и поперечные отношения головки бедренной кости и вертлужной впадины, а также оценить состояние медиальной и верхней стенок вертлужной полости. Изучение прямой проекции, кроме возможности сделать конкретные диагностические выводы, позволяет определить необходимость привлечения дополнительных методов для определения передне-задних отношений головки бедренной кости и вертлужной впадины и оценки состояния передней и задней стенок вертлужной полости, из которых в настоящее время наиболее востребовано трехмерное моделирование компьютерных томограмм [18, 19, 20, 22].

Предлагаемая методика позволяет провести скрининг анатомических особенностей вертлужной впадины и принять обоснованное решение о привлечении других методов предоперационного планирования. Чем ближе на прямой рентгенограмме контуры вертлужной впадины и головки бедренной кости к контурам вертлужного квадрата, тем в меньшей степени востребовано привлечение других диагностических методов для пред-

перационного планирования. Так, при первом и втором типах продольных отношений вертлужной полости и вертлужного заполнения проведение компьютерной томографии с целью определения состояния передней и задней стенок вертлужной впадины является целесообразным при наличии в анамнезе перелома-вывиха в тазобедренном суставе. При третьем и четвертом типах продольных отношений проведение компьютерной томографии возможно при недостаточной толщине медиальной стенки, лимитирующей возможность углубления вертлужной полости для создания полноценного контакта вертлужного компонента с костным ложем. При пятом типе продольных отношений проведение компьютерной томографии тазобедренного сустава и трехмерное моделирование компьютерных томограмм показано.

Описанная методика позволяет уточнить показания к проведению достаточно дорогостоящего исследования, которым является компьютерная томография, снизив тем самым финансовую нагрузку на страховой случай, а также снизить лучевую нагрузку на пациента и персонал.

Определенные в данной работе типы продольных и поперечных отношений головки бедренной кости и вертлужной впадины дают возможность кодировать варианты анатомических особенностей вертлужной впадины, выявленные на прямых рентгенограммах тазобедренного сустава, что может найти применение при создании регистров эндопротезирования тазобедренного сустава.

Выработанный подход к рентгенологической трактовке деформаций вертлужной впадины позволяет качественно оценить ее рентгеноанатомические особенности в продольном и поперечном направлениях. Область практического применения данного подхода — предоперационное планирование эндопротезирования тазобедренного сустава.

Использование в ходе предоперационного планирования вертлужного квадрата позволяет определить место стандартного расположения вертлужного компонента и оценить добавочный объем деформированной вертлужной впадины — ее дефект.

Единообразная кодировка вариантов деформаций вертлужной впадины, выявленных на прямых рентгенограммах тазобедренного сустава, может быть востребована при создании регистров эндопротезирования тазобедренного сустава.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование выполнено в рамках гос. задания.

#### Вклад авторов

*Мартыненко Д.В.* — идея и разработка дизайна исследования, сбор и обработка материала, оценка и интерпретация результатов, написание и коррекция рукописи.

*Волошин В.П.* — дизайн исследования, оценка и интерпретация результатов, окончательная редакция рукописи.

*Шерман Л.А.* — дизайн исследования, оценка и интерпретация результатов.

*Шевырев К.В.* — оценка и интерпретация результатов

*Ошкуков С.А.* — сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме.

*Степанов Е.В.* — сбор и обработка материала.

#### Литература [References]

- Zeng W.-N., Liu J.-L., Jia X.-L., Zhou Q., Yang L., Zhang Y. Midterm Results of Total Hip Arthroplasty in Patients With High Hip Dislocation After Suppurative Hip Arthritis. *J Arthroplasty*. 2019;34(1):102-107. doi: 10.1016/J.ARTH.2018.09.081.
- Ling T.-X., Li J.-L., Zhou K., Xiao Q., Pei F.-X., Zhou Z.-K. The Use of Porous Tantalum Augments for the Reconstruction of Acetabular Defect in Primary Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2018;33(2):453-459. doi: 10.1016/J.ARTH.2017.09.030.
- Zha G.-C., Sun J.-Y., Guo K.-J., Zhao F.-C., Pang Y., Zheng X. Medial Protrusion Technique in Cementless Total Hip Arthroplasty for Developmental Dysplasia of the Hip: A Prospective 6- to 9-Year Follow-Up of 43 Consecutive Patients. *J Arthroplasty*. 2016;31(8):1761-1766. doi: 10.1016/J.ARTH.2016.01.052.
- Eskildsen S.M., Wilson Z.J., McNabb D.C., Olcott C.W., Del Gaizo D.J. Acetabular Reconstruction With the Medial Protrusion Technique for Complex Primary and Revision Total Hip Arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2017; 32(11):3474-3479. doi: 10.1016/J.ARTH.2017.05.037.
- 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(9):S38-S44. doi: 10.1016/J.ARTH.2017.02.024.
- 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.
- 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.
- Berninger M.T., Hungerer S., Friederichs J., Stuby F.M., Fulghum C., Schipp R. Primary Total Hip Arthroplasty in Severe Dysplastic Hip Osteoarthritis With a Far Proximal Cup Position. *J Arthroplasty*. 2019;34(5): 920-925. doi: 10.1016/J.ARTH.2019.01.032.
- 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):2342-2347. doi: 10.1016/J.ARTH.2016.03.014.
- Rowan F.E., Benjamin B., Pietrak J.R., Haddad F.S. Prevention of Dislocation After Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2018;33(5):1316-1324. doi: 10.1016/J.ARTH.2018.01.047.
- Karaismailoglu B., Erdogan F., Kaynak G. High Hip Center Reduces the Dynamic Hip Range of Motion and Increases the Hip Load: A Gait Analysis Study in Hip Arthroplasty Patients With Unilateral Developmental Dysplasia. *J Arthroplasty*. 2019;34(6):1267-1272. doi: 10.1016/J.ARTH.2019.02.017.
- Кавалерский Г.М., Середя А.П., Мурылев В.Ю., Рукин Я.А., Гаврилов А.В., Архипов И.В. и др. 2D-планирование эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(4):95-102. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-95-102.
- Kavalersky G.M., Sereda A.P., Murylev V.Y., Rukin Y.A., Gavrilov A.V., Arkhipov I.V. et al. 2D planning for hip arthroplasty. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(4): 95-102. (In Russian).
- Widmer D., Reising K., Kotter E., Helwig P. Correct Assessment of Acetabular Component Orientation in Total Hip Arthroplasty From Plane Radiographs. *J Arthroplasty*. 2018;33(8):2652-2659. doi: 10.1016/J.ARTH.2018.02.023.
- Ranawat C.S., Dorr L.D., Inglis A.E. Total hip arthroplasty in protrusion acetabuli of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surgery Am*. 1980;62(7):1059-1065.
- 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.
- Watts C.D., Martin J.R., Fehring K.A., Griffin W.L. Inferomedial Hip Center Decreases Failure Rates in Cementless Total Hip Arthroplasty for Crowe II and III Hip Dysplasia. *J Arthroplasty*. 2018;33(7):2177-2188. doi: 10.1016/J.ARTH.2018.02.039.
- Nam D., Riegler V., Clohisey J.C., Nunley R.M., Barrack R.L. The Impact of Total Hip Arthroplasty on Pelvic Motion and Functional Component Position is Highly Variable. *J Arthroplasty*. 2017;32(4):1200-1205. doi: 10.1016/J.ARTH.2016.11.008.
- Xu J., Qu X., Li H., Mao Y., Yu D., Zhu Z. Three-Dimensional Host Bone Coverage in Total Hip Arthroplasty for Crowe Types II and III Developmental Dysplasia of the Hip. *J Arthroplasty*. 2017;32(4):1374-1380. doi: 10.1016/j.arth.2016.11.017.
- Ogawa H., Hasegawa S., Tsukada S., Matsubara M. A Pilot Study of Augmented Reality Technology Applied

- to the Acetabular Cup Placement During Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2018;33(6):1833-1837. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.067.
20. Ueno T., Kabata T., Kajino Y., Ohmori T., Yoshitani J., Tsuchiya H. Three-Dimensional Host Bone Coverage Required in Total Hip Arthroplasty for Developmental Dysplasia of the Hip and Its Relationship With 2-Dimensional Coverage. *J Arthroplasty*. 2019;34(1):93-101. doi: 10.1016/j.arth.2018.09.082.
21. Osawa Y., Hasegawa Y., Okura T., Morita D., Ishiguro N. Total Hip Arthroplasty After Periacetabular and Intertrochanteric Valgus Osteotomy. *J Arthroplasty*. 2017;32(3):857-861. doi: 10.1016/j.arth.2016.08.023.
22. Садовой М.А., Павлов В.В., Базлов В.А., Мамуладзе Т.З., Ефименко М.В., Аронов А.М., Панченко А.А. Возможности 3d-визуализации дефектов вертлужной впадины на этапе предоперационного планирования первичного и ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2017;3:37-42. Sadoyov M.A., Pavlov V.V., Bazlov V.A., Mamuladze T.Z., Efimenko M.V., Aronov A.M., Panchenko A.A. [Potentialities of 3D-Visualization in Preoperative Planning of Primary and Revision Total Hip Arthroplasty]. *Vestnik travmatologii i ortopedii imeni N.N. Priorova*. 2017;3:37-42.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Мартыненко Дмитрий Владимирович* — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, факультета усовершенствования врачей, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

*Волошин Виктор Парфентьевич* — д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения травматологии и ортопедии; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии факультета усовершенствования врачей, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

*Шерман Лев Аркадьевич* — канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики факультета усовершенствования врачей, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

*Шевырев Константин Васильевич* — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения травматологии и ортопедии, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

*Ошкуков Сергей Александрович* — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения травматологии и ортопедии, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

*Степанов Евгений Викторович* — младший научный сотрудник отделения травматологии и ортопедии, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

*Dmitry V. Martynenko* — Cand. Sci. (Med.), Associate professor, Course of Traumatology and Orthopedics, Postgraduate Training Faculty, Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

*Victor P. Voloshin* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics; Head of Course of Traumatology and Orthopedics, Postgraduate Training Faculty, Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

*Lev A. Sherman* — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Course of Radiology, Postgraduate Training Faculty, Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

*Konstantin V. Shevyrev* — Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher of the Department of Traumatology and Orthopedics, Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

*Sergey A. Oshukov* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Department of Traumatology and Orthopedics, Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

*Evgeny V. Stepanov* — Researcher, Department of Traumatology and Orthopedics, Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

## Рекомендации по оформлению дизайна исследования

А.П. Середа, М.А. Андрианова

Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

### Реферат

Выполнение определенных требований или, точнее, рекомендаций по оформлению научной публикации помогает сделать ее не только более понятной для рецензентов и читателей, но и позволяет улучшить качество работы. Например, даже если какие-то пункты в логике дизайна и были выполнены на самом деле, но не были описаны, то другие исследователи, занимающиеся мета-анализом, могут незаслуженно, но обоснованно снизить качество такой работы и исключить ее из своего анализа. Понимание рекомендаций по оформлению позволяет не только хорошо описать свои результаты, но и спланировать работу изначально. Для описания клинических случаев существуют рекомендации CARE, для наблюдательных исследований (когортные исследования и исследования «случай-контроль») — STROBE, для рандомизированных исследований — CONSORT (которые часто используются и для других сравнительных исследований, «серий случаев»), для диагностических работ — STARD и для систематических обзоров и мета-анализов — PRISMA. В этой работе мы опишем основные моменты этих рекомендаций и дадим шаблоны для графического отображения дизайна исследований в виде блок-схем. Конечно же, нельзя забывать, что каждая научная работа — индивидуальна и всегда есть место разумному компромиссу между «требованиями» и реально имевшей место логике научного поиска.

**Ключевые слова:** дизайн исследования, чек-лист, блок-схема дизайна.

doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184

## Study Design Guidelines

A.P. Sereda, M.A. Andrianova

Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russian Federation

### Abstract

Complying with certain requirements or, more precisely, following the guidelines for the design of a scientific publication helps to make it not only more comprehensible for reviewers and readers, but actually enhances the quality of work. For example, even if some aspects in design logic were fulfilled but not described, other researchers doing meta-analysis may wrongly but for a good reason downgrade such publication and exclude it from the analysis. Understanding of the guidelines for study design ensures not only the proper description of the results but the initial planning of work. The CARE guidelines were established for reporting of clinical cases, STROBE — for reporting observational studies (cohort and case-control studies), CONSORT — for reporting randomized studies (these guidelines are often used also for other comparative and case series studies), STARD — for reporting diagnostic studies, and PRISMA — for reporting of systematic reviews and meta-analyses. The present paper describes the key aspects of those guidelines and provides templates for graphic display of study design in form of flow charts. Evidently, we should not forget that each study is unique and there is always a place for a reasonable compromise between “requirements” and the real logic of the research in place.

**Keywords:** study design reporting, check-list, design framework, study flow diagram.

Серда 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.

**Cite as:** Sereda A.P., Andrianova M.A. [Study Design Guidelines]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):165-184. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.

✉ Серда Андрей Петрович / *Andrey P. Sereda*; e-mail: drsereda@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 23.08.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 03.09.2019.

## Введение

Журнал «Травматология и ортопедия России» — один из лидеров отечественной научной периодики по нашей специальности. С каждым номером статьи становятся все более интересными, информативными, а сам журнал все более популярным. В этом несомненна заслуга в первую очередь коллективов авторов, присылающих свои работы. До страниц журнала добираются, конечно же, не все статьи, присланные в редакцию — часть не соответствует тематике, другие не проходят фильтры рецензентов, редакционной коллегии и научно-консультативного совета. Процесс рецензирования часто позволяет улучшить статьи, а абсолютно нормальный процесс отклонения позволяет опубликовать действительно лучшие работы.

Рецензенты, работающие с поступившими статьями, часто сталкиваются с типичной проблемой — некорректное описание дизайна исследования. Порой действительно очень сложно понять, в чем заключается гипотеза работы, ее цели, каким образом авторы набирали пациентов (в группы, серии, когорты) и т.д. Нечеткое или некорректное описание дизайна исследования, с одной стороны, может быть вызвано литературной проблемой, когда авторы, целиком погруженные в изучаемый вопрос, просто пропускают какие-то вещи, полагая их очевидными, но, с другой стороны, к сожалению, иногда проблемное описание дизайна обусловлено и тем, что авторы сами не до конца понимают, что такое дизайн.

В зарубежных высокорейтинговых ортопедических журналах (и, конечно журналах, по другим специальностям) обращает на себя внимание наличие почти во всех статьях понятной и четкой графической схемы дизайна исследования, не только облегчающей восприятие информации читателем, но и ставшей своеобразным стандартом качества: запутанную или отсутствующую логику исследования невозможно отобразить в виде схемы.

Важно отметить, что проблема описания дизайна не специфична для нашей страны — с такими сложностями в свое время сталкивались журналы во всем мире, и именно поэтому в 2000-х годах стали появляться рекомендации по оформлению дизайна публикации.

К сожалению, мы пока отстаем в этом вопросе на 10–15 лет. И именно по этой причине нередки отказы редакций зарубежных журналов в публикации наших статей из-за некорректного описания дизайна. Казалось бы, некорректное описание — проблема исправимая. Всего лишь нужно взять и исправить текст. Но, на самом деле, часто за некорректным описанием прячется и соб-

ственно нестройный дизайн работы, а переделать уже сделанное исследование (операции, контроли) очевидно не получится.

В последние годы почти все отечественные медицинские журналы пытаются исправить эту ситуацию. Но происходит это очень формально. Соответствующие объявления о требованиях к статьям часто написаны очень путано, запрятаны в глубинах сайтов журнала и содержат множество ошибок.

В качестве примера можно привести один из отечественных кардиологических журналов, который рекомендует описывать дизайн исследований, в которых сравниваются группы, по CONSORT. Журнал пишет: «Рекомендации CONSORT, контрольный список и диаграмма доступны на русском языке». Но диаграмма открывается почему-то не на русском, а на португальском языке, а многие другие ссылки просто нерабочие и ведут в никуда, что, конечно же, делу не помогает.

Когда ссылка правильная и открывает рекомендации на русском языке, то дело тоже плохо: перевод чек-листов, похоже, был сделан интернет-переводчиком и абсолютно непонятен, проще прочитать английский оригинал. Встречаются и ошибки перевода, искажающие смысл: factorial переведен как факторный, хотя, конечно же, правильно — факториальный (когда в группах применяются комплексы из различных перекрещивающихся медицинских методик).

Все это побудило нас написать эту статью, **цель** которой — представить готовые шаблоны схем дизайна и описать чек-листы для проверки дизайна публикации.

## Рекомендации

Национальная медицинская библиотека США на своем сайте опубликовала рекомендации по оформлению дизайна исследования 53 различных научных организаций (NLM's Research Reporting Guidelines and Initiatives)\*. Многие из них дублируют друг друга по наполнению и смыслу, а наибольшее распространение получили пять из них (табл. 1).

Для систематических обзоров и метаанализов выполнение требований PRISMA является обязательным, а для других типов исследований выполнение требований CARE, STROBE, CONSORT и STARD — желательным. Эти рекомендации помогают описать исследование так, чтобы его могли оценить редакторы, рецензенты, читатели, а также другие исследователи, занимающиеся метаанализом.

Далее мы разберем основные требования этих рекомендаций и представим шаблоны графических схем дизайна исследований.

\* [www.nlm.nih.gov/services/research\\_report\\_guide.html](http://www.nlm.nih.gov/services/research_report_guide.html).

Таблица 1

## Рекомендации по оформлению дизайна исследования

Рекомендация		К каким исследованиям применяется?
CARE	The CAse REport (CARE) – сообщение о клиническом случае [1]	Клинические случаи
STROBE	STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology – Повышение качества отчетов об обсервационных исследованиях в эпидемиологии [2]	Наблюдательные исследования (когортные исследования и исследования «случай-контроль»)
CONSORT	Consolidated Standards of Reporting Trials – консолидированные стандарты докладов результатов исследований [3] – Единые стандарты представления результатов рандомизированных исследований	Рандомизированные исследования
STARD	STAndards for the Reporting of Diagnostic accuracy – Стандарты представления результатов исследований по диагностической точности [4]	Исследования по оценке точности диагностики
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – Предпочтительные моменты для представления результатов систематических обзоров и мета-анализов (ранее QUOROM) [5]	Систематические обзоры и метаанализы

## 1. Клинические случаи (CARE)

Существует шаблон схемы дизайна (диаграммы) для CARE, но на практике он почти не используется, и мы считаем его избыточным для описания клинического случая при выполнении всех пунктов чек-листа. Требования чек-листа CARE позволяют авторам не только правильно оформить публикацию, но и самостоятельно проверить методологическое качество работы (табл. 2).

Важны все пункты чек-листа CARE. Например, если у пациента не было осложнений, пациент строго выполнял все рекомендации, подписал информированное согласие, то так и стоит написать, чтобы снять возможные вопросы, а не полагаться на то, что раз не сказано, то этого не было или это очевидно.

Таблица 2

## Рекомендации CARE с объяснениями

Раздел статьи	Содержание раздела
Название	В названии статьи должно присутствовать словосочетание «клинический случай» с описанием краткого диагноза пациента и проведенной работы, например: <ul style="list-style-type: none"> <li>• «Клинический случай лечения пациента с миграцией спицы Киршнера в позвоночный канал после фиксации акромиально-ключичного сочленения»</li> <li>• «Сложные вопросы диагностики аутосомально рецессивного остеопетроза (ОРТВ8): клинический случай»</li> </ul>
Ключевые слова	Указываются 2–5 ключевых слов, которые не повторяют, а уточняют название статьи и отражают ее тематику
Реферат (абстракт)	Введение: что уникального в этом случае, что он добавляет к уже опубликованным в литературе данным? Главные симптомы пациента и важные клинические данные Основной диагноз, лечебные мероприятия и исходы Заключение: какую основную мысль должен получить читатель?
Введение	Один-два абзаца, показывающие, почему этот случай уникален со ссылками на другие публикации или с указанием, что вам не удалось обнаружить публикации аналогичных случаев (либо они чрезвычайно редки)

Раздел статьи	Содержание раздела
Информация о пациенте	<p>Пациент должен быть деперсонализирован, т.е. невозможно идентифицировать его персональные данные (фамилия, имя, отчество, персональные номера документов). Не рекомендуется использовать сокращения «Пациент «А.» или «Пациент «Б.» и указывать номер истории болезни или снимка. Лучше: мужчина 62 лет, девочка 8 лет. Обратите внимание на подписи рентгеновских, КТ или МРТ снимков – часто на них сохраняется фамилия. На фотографиях не должно быть видно лицо пациента</p> <p>Указаны основные сведения о пациенте и его симптомы</p> <p>Информация о сопутствующих заболеваниях, анамнезе, психосоциальном статусе, при необходимости описана наследственность</p> <p>Описание предыдущих релевантных лечебных мероприятий и их результатов</p>
Клинические данные	Описание релевантных физикальных данных и других важных клинических находок
Таймлайн	Наиболее важная информация о пациенте должна быть изложена в хронологическом порядке
Диагностика	<p>Перечисление методов диагностики</p> <p>Описание трудностей при диагностике, если таковые были (культурные, религиозные, финансовые)</p> <p>Обоснования для дифференциальной диагностики, подозрения на другой диагноз</p> <p>Прогностические характеристики (например, стадирование онкологического диагноза), где это возможно</p>
Лечение	<p>Типы лечебных мероприятий (фармакотерапия, хирургическое, профилактическое лечение, самопомощь и т.д.)</p> <p>Характеристики лечебных мероприятий (дозировка, продолжительность, периодичность, технические особенности операции и т.д.)</p> <p>Обоснование изменений в лечебной тактике, если они были</p>
Наблюдение и исходы	<p>Результаты, оцениваемые врачом и пациентом</p> <p>Важные результаты обследований на этапах наблюдения</p> <p>Соблюдал ли пациент рекомендации</p> <p>Побочные и нежелательные явления</p>
Обсуждение	<p>Сильные стороны, преимущества и ограничения (недостатки) публикуемого клинического случая</p> <p>Обсуждение релевантных публикаций других авторов</p> <p>Обоснование для выводов, включая оценку возможных причин</p> <p>Основной вывод, заключение</p>
Перспективы пациента	По возможности приводится оценка пациентом перспектив применения таких же вмешательств в будущем
Информированное согласие	Пациент подписал информированное согласие? (может потребоваться по запросу)

Важны все пункты чек-листа CARE. Например, если у пациента не было осложнений, пациент строго выполнял все рекомендации, подписал информированное согласие, то так и стоит напи-

сать, чтобы снять возможные вопросы, а не полагаться на то, что раз не сказано, то этого не было или это очевидно.

## 2. Наблюдательные исследования (когортные исследования и исследования «случай-контроль») — STROBE

Рекомендации STROBE относятся к большому спектру клинических исследований, среди которых можно выделить три основных дизайна: когортный, «случай-контроль» (case-control) и поперечное исследование (cross-sectional). Всех их объединяет то, что в течение заданного периода времени изучают данных (имеющихся) пациентов. В этих исследованиях могут изучаться результаты лечения, осложнения, выживаемость, факторы риска. Эти исследования могут быть проспективными и ретроспективными.

В когортном исследовании (закрытом и открытом) исходы изучаются у одной выборки участников с известными изначальными характеристиками. Внутри выборки исследователь отмечает участников с теми или иными выполненными операциями (медицинскими вмешательствами), особенностями течения, т.е. формируются группы и подгруппы.

В закрытые когорты включают определенное число участников с самого начала исследования и не увеличивают размер когорты по ходу исследования (например, в когорту включают пациентов, которым была сделана операция в 2017 г., или родившихся за определенный период). В случае закрытой когорты часто устанавливаются четкие даты этапов оценки результатов и окончания наблюдения. Исследования с закрытыми когортами встречаются редко.

Открытая когорта динамична, в нее с течением времени продолжают набор участников. Очевидные особенности открытых когорт в том, что из них выбывает большее число участников, чем из закрытой когорты, а сроки оценки результатов могут серьезно отличаться. Открытые когорты используются очень часто.

В закрытой когорте можно определитькумулятивную частоту и частоту событий. Если в закрытой когорте были выделены группы/подгруппы, то, соответственно, можно посчитать отношение частоты и отношение рисков (rate ratio и risk ratio). Открытые когорты позволяют узнать только частоту событий и отношение частоты (rate ratio).

В исследованиях «случай-контроль» сравниваются группы участников с конкретным событием (случай) и без него (контроль). Участники набираются в группы по принципу репрезентативности вхождения в когорту или популяционно-поперечно. В группе «случай» конкретное изучаемое событие есть у 100% участников или у подавляющего большинства (в больших по размеру когортах или,

например, если после включения в группу участника с событием это событие было пересмотрено у конкретного участника), а в группе контроля изучаемое событие отсутствует или встречается крайне редко.

Исследования «случай-контроль» позволяют вычислить отношение шансов (odds ratio). В зависимости от методов исследования отношение шансов может быть интерпретировано как отношение рисков (risk ratio), отношение частоты (rate ratio) и/или как коэффициент отношения шансов (prevalence odds ratio) [6, 7].

### Преимущества исследования «случай-контроль»

- Экономичность. Исследования «случай-контроль» являются относительно недорогими, могут проводиться небольшими группами или отдельными исследователями в отдельных учреждениях. Дизайн исследования «случай-контроль» часто используется при изучении редких заболеваний или в качестве предварительного исследования, когда мало что известно о связи между фактором риска и интересующей болезнью.

- Быстрота. По сравнению с когортными исследованиями они, как правило, более короткие. В некоторых ситуациях они обладают большей статистической значимостью, чем когортные исследования, которые зависят от достаточного количества случаев изучаемых событий (заболеваний) среди участников.

- Возможность изучения редких заболеваний.
- Возможность изучения большого спектра факторов риска.

- В случае адекватного подбора контрольной группы мало отличаются по своей ценности от когортных исследований.

- Минимальная потеря участников в ходе исследования.

### Недостатки исследований «случай-контроль»

- Сложность подбора контрольной группы.
- Не подходят для изучения редких факторов риска.

- Сложнее, чем в когортном исследовании, установить временную последовательность событий (в когорте воздействие определено до последующего наблюдения за участниками с течением времени).

- Самый важный недостаток в исследованиях «случай-контроль» связан с трудностью получения достоверной информации об уровне воздействия с течением времени.

Таким образом, исследования «случай-контроль» расположены на низком уровне в иерархии доказательности. Исследования «случай-контроль»

в своей основе предполагают лишь наблюдение и, таким образом, не дают такого же уровня доказательств, как рандомизированные исследования, так как результаты могут быть вызваны другими факторами [8].

В поперечных (одномоментных) исследованиях участники выборки изучаются один раз в одной и той же временной точке. Основная область применения поперечных исследований — оценка распространенности каких-либо заболеваний или состояний в генеральной совокупности (популяции).

Если поперечные исследования делаются через определенные промежутки времени, то они дают ценную статистическую информацию о динамике заболеваемости и позволяют описать и сравнить структуру заболеваемости населения в различных

регионах страны, что бывает необходимо для проведения своевременных организационных решений [9]. Результаты поперечных исследований могут изучаться как результаты когортных работ путем сравнения частоты в группах. Также поперечные исследования могут анализироваться и как исследования «случай-контроль» путем оценки отношения шансов в группах с событием и без него [10].

Далее мы опишем основные требования рекомендаций STROBE (табл. 3) и дадим шаблон диаграммы когортного исследования (рис. 1) и исследования случай-контроль (рис. 2). Мы настоятельно рекомендуем использовать диаграмму при подготовке публикации, а сам формат диаграммы не является строгим и может изменяться в зависимости от конкретного дизайнера и особенностей вашего исследования.

Таблица 3

**Рекомендации STROBE с объяснениями**

Раздел статьи		Содержание раздела
Название и реферат (абстракт)		(a) В названии исследования должен быть указан его дизайн в общепотребительных терминах
		(b) Реферат (абстракт) должен быть сбалансированным, информативным, а краткие выводы должны говорить о том, что было сделано или обнаружено
Введение	Предпосылки / обоснование	Опишите имеющиеся научные данные и дайте обоснование для проведения исследования
	Цели	Укажите цели и гипотезы исследования
Методы	Дизайн исследования	Перечислите основные элементы дизайна исследования
	Условия	Опишите условия, в которых осуществлялась работа и релевантные даты, включая временные периоды набора, применение медицинских вмешательств, наблюдения и сбора данных
	Участники	Когортные исследования: перечислите критерии включения и исключения, источники и методы отбора участников, опишите методы наблюдения. Исследования «случай-контроль»: укажите критерии приемлемости, источники, методы набора случаев и отбора в группу контроля. Дайте обоснование отбора в группы «случай» и «контроль». Поперечное исследование: перечислите критерии включения, опишите источники и методы отбора участников
		Когортные исследования: для сопоставительных исследований дайте критерий сопоставления и число участников с событием и без него. Поперечное исследование — для сопоставительных исследований представьте критерий сопоставления и число случаев контроля на один случай с событием
Переменные	Дайте четкое определение всем изучаемым исходам, вмешательствам, факторам риска и другим факторам, имеющим возможное влияние. Укажите диагностические критерии (если применимо)	

Раздел статьи		Содержание раздела
Методы	Источники данных/ измерений	Для каждого из изучаемых переменных дайте источники получения данных и особенности их оценки (измерений). Опишите сопоставимость методов оценки, если у вас в исследовании более одной группы
	Предвзятость	Опишите возможную предвзятость и ее механизм
	Размер исследования	Объясните, как вы определили размер выборки
	Количественные переменные	Опишите, как вы проводили анализ количественных переменных
	Статистические методы	(a) Опишите все статистические методы, включая использовавшиеся для контроля мешающих факторов (конфаундеров) (b) Опишите все методы использовавшиеся в подгруппах (c) Опишите тактику в случае отсутствия данных (d) Когортные исследования: если применимо, опишите тактику при выбывании из наблюдения. Исследования «случай-контроль»: если применимо, опишите, как осуществлялось сопоставление «случая» и «контроля». Поперечное исследование: если применимо, опишите аналитические методы определения окончания набора участников (e) Опишите любой анализ чувствительности
Результаты	Участники	(a) Укажите количество участников на каждой стадии исследования: число потенциально включаемых, число проскринированных в соответствии с критериями включения/исключения, соответствующим критериям включения/исключения, включенных в исследования, закончивших исследования и проанализированных (b) Укажите причины и конкретное количество участников, выбывающих из исследования на каждой его стадии (c) Используйте блок-схему
	Описание данных	(a) Дайте характеристику участников исследования (демографическую, клиническую, социальную и др. данные), а также информацию о медицинских вмешательствах и потенциальных конфаундерах (мешающих факторах) (b) Укажите число участников с отсутствующими данными по каждому из изучаемых исходов (c) Когортные исследования: укажите время наблюдения, а также продолжительность самого исследования
	Исходы	Когортные исследования: сообщите о числе событий и итоговых показателей за период наблюдения Исследования «случай-контроль»: укажите число событий или значения показателей в каждой группе Поперечное исследование: укажите число исходов или итоговых показателей

Раздел статьи		Содержание раздела
Результаты	Основные результаты	(а) Дайте некорректированные результаты и, если применимо, скорректированную на конфаундеры результаты с 95% доверительным интервалом (или др.). Если выполнялась коррекция, дайте пояснения, почему были выбраны те или иные конфаундеры  (б) В случае категоризированных переменных дайте критерии отнесения результатов к той или иной категории  (с) Если применимо, постарайтесь вычислить не только относительный риск, но и абсолютный риск за период времени
	Другие анализы	Дайте информацию о любых других выполненных анализах
Обсуждение	Основные результаты	Подытожьте основные результаты в связи с поставленными целями исследованиями
	Ограничения	Обсудите ограничения исследования, обращая внимание на источники потенциальной предвзятости с анализом силы предвзятости и ее направления (субъективное ухудшение или улучшение результата)
	Интерпретация	Дайте тщательную интерпретацию результатов с учетом целей, ограничений, результатов аналогичных исследований и других научных данных
	Наружная валидность	Обсудите возможность генерализации результатов исследования
Финансирование		Укажите источник финансирования и роль спонсоров в настоящем исследовании. Если возможно, дайте ссылку на оригинальные исследования, на которых основывалась данная работа

В рамках этой статьи невозможно подробно описать все особенности многообразия наблюдательных исследований, поэтому мы отсылаем читателя для исчерпывающих пояснений к работам J.P. Vandembroucke с соавторами [10] и А.М. Гржибовского с соавторами [8, 9].

### 3. Рандомизированные исследования (CONSORT)

Требования к дизайну рандомизированных исследований подготовлены группой CONSORT (табл. 4), которая также рекомендует использовать блок-схему исследования (рис. 3). На практике часто можно увидеть, что созданная для описания рандомизированных исследований блок-схема CONSORT с теми или иными изменениями используется авторами для описания ди-

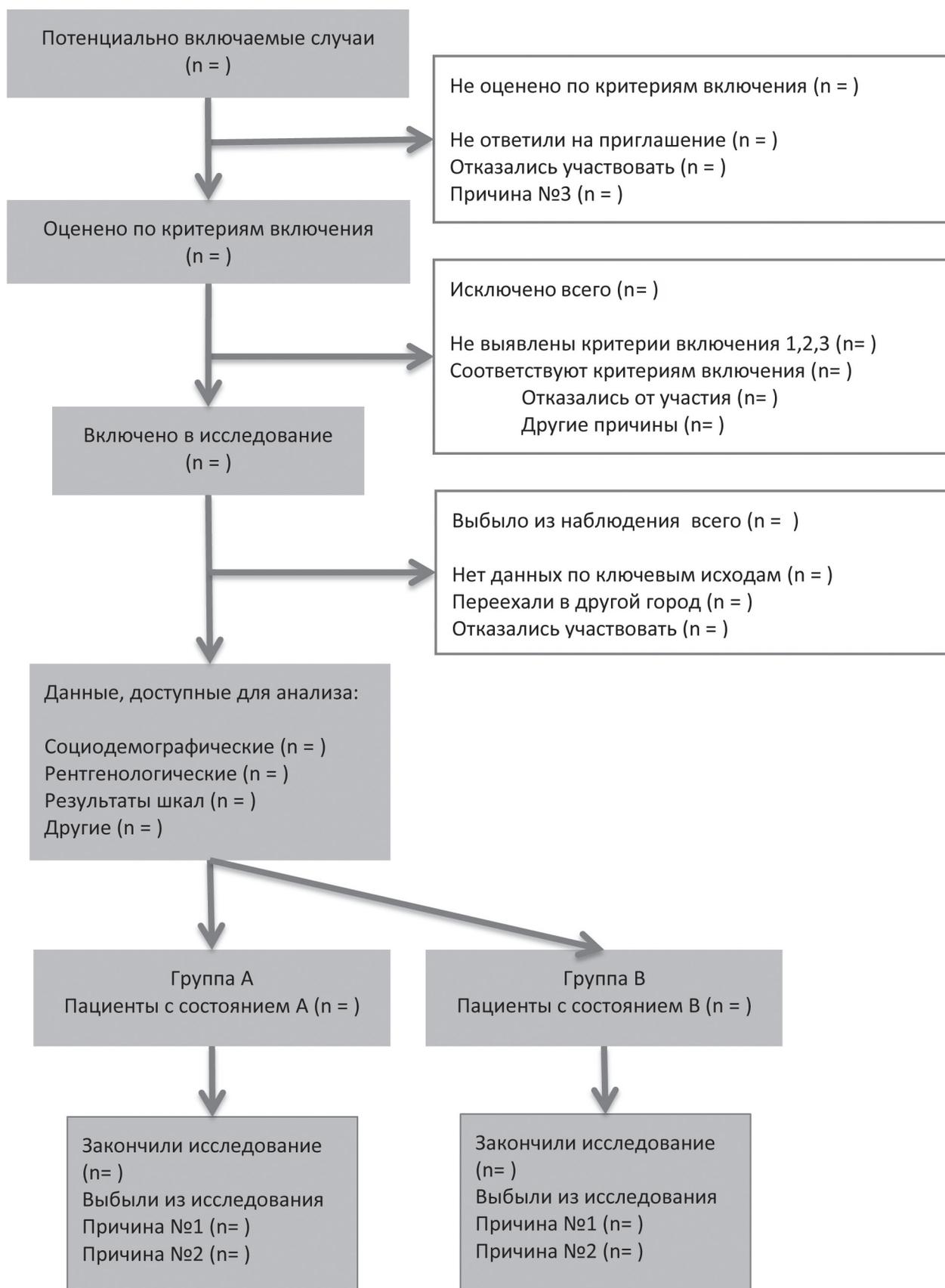
зайна исследований типа «серия случаев» (которые на самом деле не относятся к когортным и по сути являются отдельным типом наблюдательных исследований).

### 4. Систематические обзоры и метаанализы (PRISMA)

Для систематических обзоров и метаанализов мы так же приводим требования чек-листа и шаблон блок-схемы PRISMA (рис. 4, табл. 5).

### 5. Исследования по оценке точности диагностики (STARD)

Аналогично для исследований точности диагностического метода существует чек-лист из 34 вопросов и блок-схемы (табл. 6, рис. 5)



**Рис. 1.** Шаблон блок-схемы дизайна наблюдательных исследований (когортные исследования)

**Fig. 1.** Template of flow chart for design of observational studies (cohort studies)

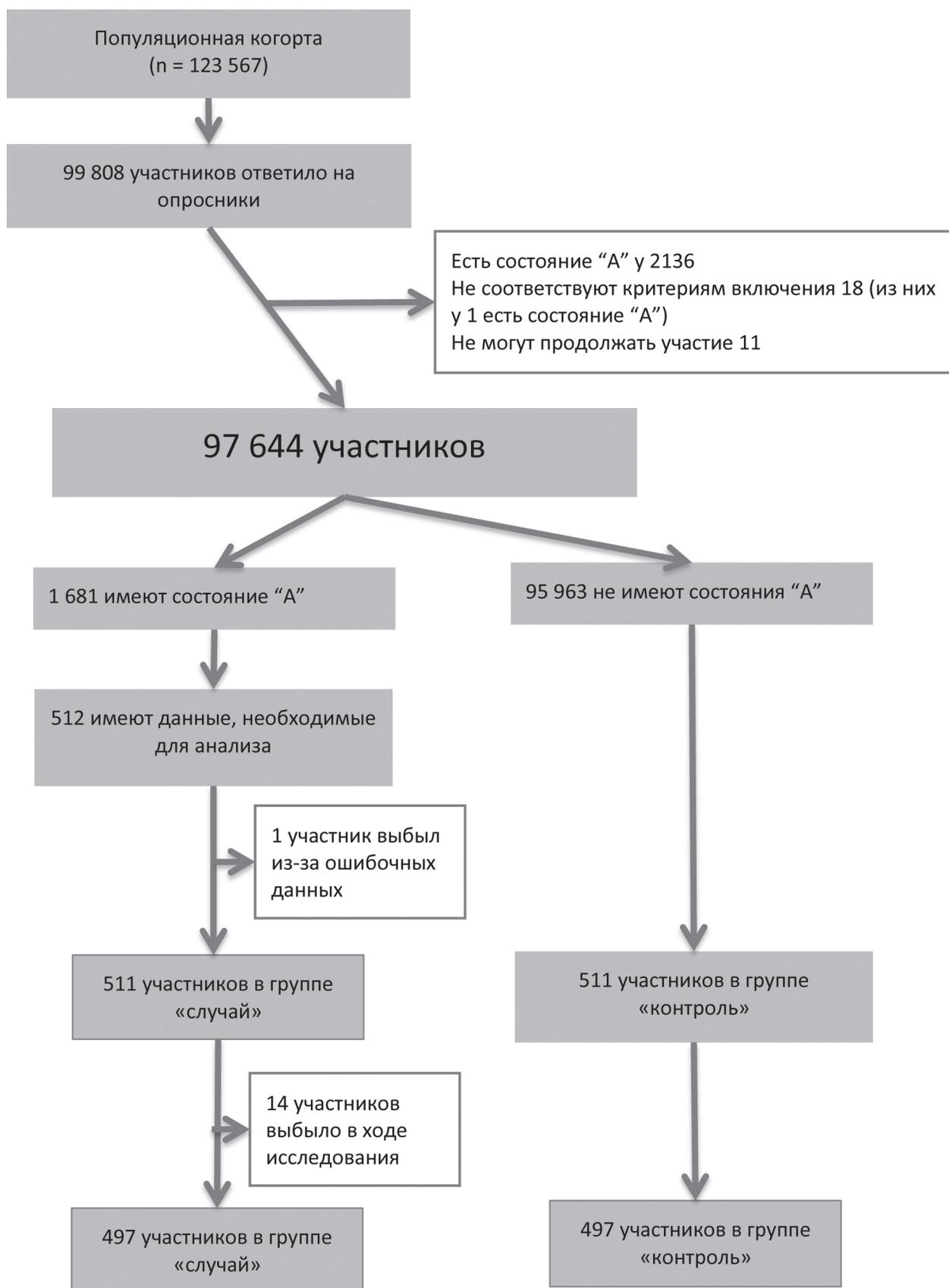


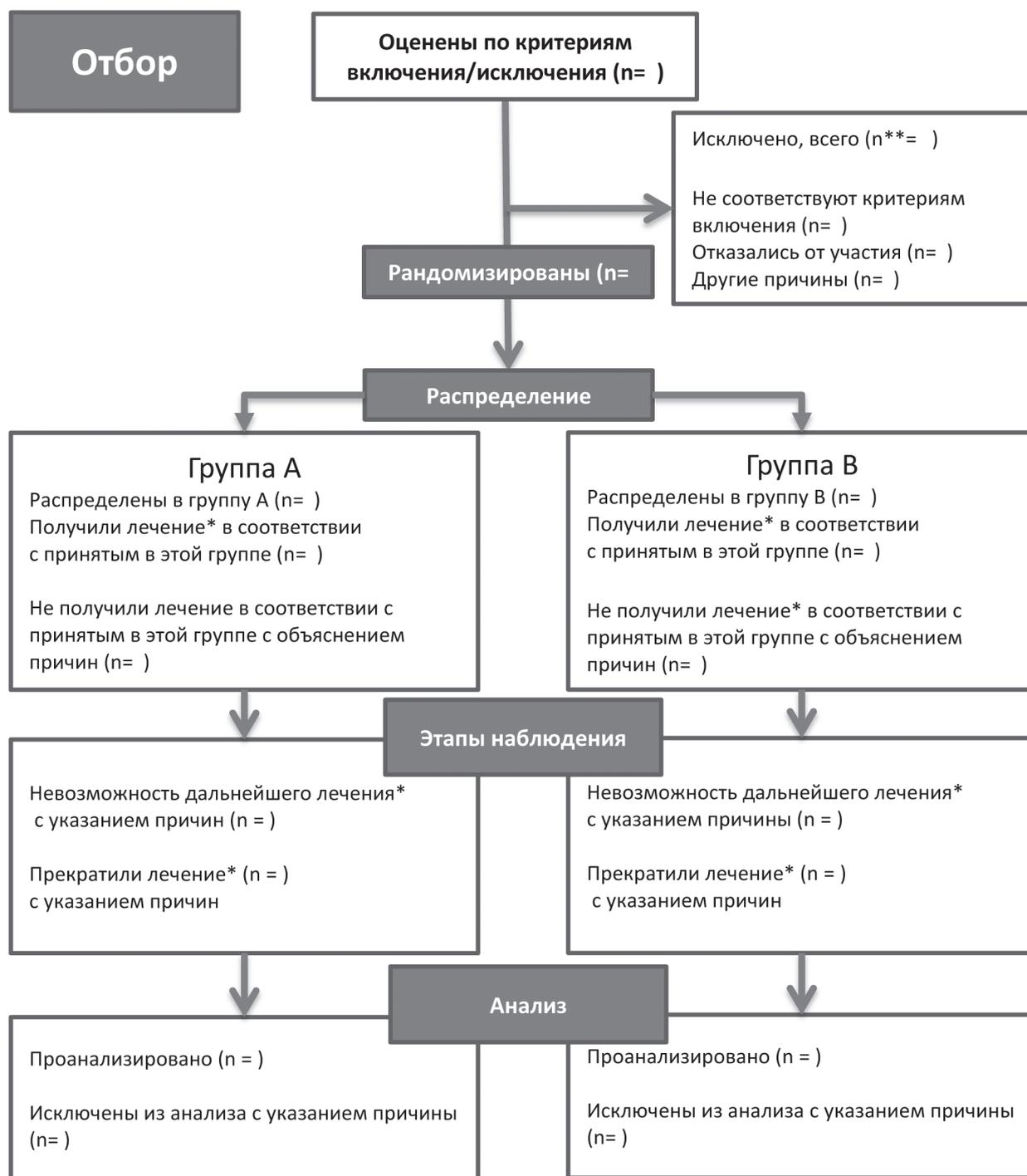
Рис. 2. Шаблон блок-схемы дизайна исследования «случай-контроль»

Fig. 2. Template of flow chart for design of case-control studies

## Рекомендации CONSORT с объяснениями

Раздел статьи		Содержание раздела
Заголовок и реферат (абстракт)		Указать в названии, что это рандомизированное исследование
		Структурированное краткое описание дизайна исследования, методов, результатов и выводов
Введение		Научный статус проблемы и обоснование целесообразности исследования
		Конкретные цели, гипотезы
Методы	Дизайн исследования	Описание дизайна исследования (например, параллельный, факториальный) с указанием количества пациентов в группах
		Важные изменения, сделанные после начала исследования с описанием причин
	Участники	Критерии включения/исключения участников
		Условия и место (учреждение), где производились сбор и обработка данных исследования
	Вмешательства	Достаточно подробное описание деталей вмешательства в каждой группе, для того чтобы было возможно их воспроизведение в других исследованиях или учреждениях
	Исходы	Точное указание первичных и вторичных исходов, включая способы и сроки их оценки
		Любые изменения изучаемых исходов, сделанные после начала исследования с описанием причин
	Величина выборки	Способ определения величины выборки
		Причины, по которым исследование было прекращено либо, при необходимости, объяснение любого промежуточного анализа
	Рандомизация	Последовательность
		Тип рандомизации (например, блоковая с указанием размера блоков; неблоковая)
Механизм		Механизм рандомизации (например, последовательно пронумерованные конверты) с описанием с указанием способа сокрытия последовательности до тех пор, пока не начнется лечение в группе
	Проведение	Кто генерировал порядок рандомизированного распределения, кто набирал участников и кто распределял участников по группам (вмешательствам)
Ослепление		Если было ослепление, кто и как был ослеплен после разделения пациентов на группы (например, участники, медицинский персонал и те, кто оценивали результаты)
		Чем вмешательства были схожи или отличались друг от друга (если применимо). Например, могли ли ослепленные сотрудники по каким-либо признакам точно определить или не определить, к какой группе относился пациент: если сравниваются передний и задний доступ к тазобедренному суставу, то исследователь может понять тип вмешательства по внешнему виду послеоперационного рубца, несмотря на ослепление

Раздел статьи		Содержание раздела
Методы	Статистические методы	Статистические методы, используемые для сравнения групп по первичным и вторичным исходам
		Методы дополнительных анализов (например, анализ подгруппы, скорректированный анализ)
Результаты	Участники (настоятельно рекомендуется блок-схема)	Для каждой группы указать количество рандомизированных участников, количество получивших планируемое лечение, количество участников, у которых был выполнен анализ исходов
		Для каждой группы указать количество выбывших и исключенных пациентов после рандомизации с указанием причин
	Набор участников	Конкретные периоды времени с указанием дат, в которые осуществлялся набор пациентов и их последующее наблюдение
		Причины, по которым исследование было остановлено или приостановлено
	Исходные данные	Таблица, в которой представлены исходные демографические и клинические характеристики в каждой группе
	Численный анализ	Для каждой группы указывается количество участников (через дробь), включенных в анализ, а также указывается, проводился ли этот анализ внутри группы, в которую они первоначально попали
	Результаты и оценка	Для каждой группы указываются средние результаты первичных и вторичных исходов, а также отмечается величина эффекта и точность определения (например, 95% доверительный интервал)
		Для бинарных исходов (наступил летальный исход или нет, сделана ревизионная операция или нет) необходимо указать как абсолютные, так и относительные значения (%). Например, в первой группе ревизия была выполнена у 12 из 153 пациентов (7,8%)
Дополнительный анализ	Приведены результаты любых других проведенных анализов, в том числе анализ в подгруппах и скорректированный анализ, при этом читатель должен четко понимать, какие анализы являются плановыми, а какие незапланированными	
Осложнения	Наличие или отсутствие всех видов осложнений или нежелательных эффектов в каждой группе	
Обсуждение	Ограничения	Ограничения исследования с описанием причин возможной необъективности, неточностей
	Экстраполяция	Экстраполяция (внешняя валидность, применимость) результатов исследования
	Интерпретация	Интерпретация результатов, оценка пользы и вреда и других вопросов
Другое	Регистрация	Регистрационный номер исследования и название исследования в реестре
	Протокол	Где можно ознакомиться с полным протоколом исследования при возможности
	Финансирование	Источники финансирования и другая поддержка (например, лекарственное обеспечение), роль спонсоров



\* — любой метод медицинского вмешательства (лечение, профилактика);

\*\* — здесь и далее в схеме лучше указывать только абсолютные числа, без процентов.

Рис. 3. Шаблон блок-схемы дизайна рандомизированного исследования по CONSORT

Fig. 3. Template of flow chart for design of randomized studies according to CONSORT

## Рекомендации PRISMA с объяснениями

Раздел статьи	Содержание раздела	
Название работы	В названии должно быть указано, что это систематический обзор, метаанализ или и то, и другое	
Реферат (абстракт)	Структурированный реферат, включающий по возможности: научный статус проблемы, имеющиеся данные, источники данных, критерии включения в исследование пациентов и типов вмешательств, методы оценки исследований и синтеза, результаты, ограничения, выводы и возможности применения ключевых результатов, регистрационный номер работы	
Введение	Целесообразность	Опишите целесообразность вашей работы в контексте того, что уже известно
	Цели	Дайте краткое описание критериев, по которым искали Пациентов, типы вмешательств (Операции или другие вмешательства), Сравнения, Исходы и Дизайны исследований (ПОСИД)
	Протокол и регистрация	Укажите, имеет ли исследование протокол и где его можно найти (интернет-ресурс), по возможности укажите регистрационную информацию, включая регистрационный номер
Методы	Критерии включения	Укажите характеристики исследований (например, ПОСИД, продолжительность наблюдения) и их публикаций (годы публикации, язык, статус публикации), которые использовались как критерии включения с обоснованием
	Источники информации	Опишите все источники информации, поисковые системы (например, базы данных с указанием временных рамок поиска, контактировали ли с авторами публикации для получения дополнительных данных и укажите дату окончания поиска)
	Поиск	Полностью опишите стратегию электронного поиска как минимум для одной базы данных, указав ключевые слова и параметры поиска так, чтобы можно было воспроизвести точно ваш поиск
	Отбор исследований	Опишите процесс отбора исследований (скрининг, оценка качества и релевантности) в систематический обзор и, если возможно, в метаанализ
	Процесс сбора данных	Опишите метод экстракции данных из работ (например, формы, независимая экстракция и дублированная работа исследователей), а также процесс получения подтверждения данных от исследователей
	Данные	Перечислите и дайте определение всем значениям, для которых искали данные (в том числе ПОСИД, источники финансирования) и любые другие сделанные предположения и упрощения
	Риск предвзятости в исследованиях	Опишите методы оценки риска предвзятости (указывая, была ли она сделана на этапе исследования или на этапе оценки результата). Отметьте, использовалась ли эта информация при синтезе данных
	Итоговые показатели	Укажите главные итоговые показатели (отношение шансов, разница средних)
	Результаты анализа	Опишите методы обработки и комбинирования результатов исследований, включая способы оценки согласованности (напр. I <sup>2</sup> ) для каждого метаанализа, если они применялись

Раздел статьи		Содержание раздела
Методы	Дополнительные анализы	Опишите методы дополнительных анализов (например, чувствительность или анализ в подгруппах, метарегрессия), если они были сделаны, и какие из них планировались изначально
	Отбор исследования	Укажите число исследований, которые были отобраны, оценены на качество и релевантность работ и включены в обзор, указав причины исключения на каждой стадии, в идеале в виде графической диаграммы схемы дизайна (используйте шаблон)
Результаты	Характеристики исследований	Для каждого исследования представьте характеристики, по которым осуществлялся сбор данных (размер выборки, ПОСИД, продолжительность наблюдения) со ссылками на исследование в списке литературы
	Риск предвзятости исследований	Опишите результаты оценки риска предвзятости для каждого исследования (см. методы)
	Результаты исследований	Для всех изучаемых исходов (польза или риск) укажите для каждого включенного в анализ исследования вместе с доверительным интервалом: а) итоговые данные для каждой из групп; б) оценку эффекта, желательно в виде древовидного графика (forest plot)
	Результаты анализа	Приведите результаты каждого сделанного метаанализа, включая доверительные интервалы и способы оценки согласованности
	Риск предвзятости исследований	Приведите результаты оценки риска предвзятости всех исследований (см. методы). Укажите любую оценку риска предвзятости, которая могла повлиять на результат
	Дополнительные анализы	Приведите результаты дополнительных анализов, если они были сделаны (см. методы)
Обсуждение	Краткая оценка доказательности	Подытожьте главные результаты, включая силу доказательности для каждого изучаемого исхода, опишите значение результатов для ключевых групп (медицинские работники, пациенты, регуляторы здравоохранения)
	Ограничения	Обсудите ограничения на уровне исследования и оценки результатов (риск предвзятости), а также на уровне метаанализа (неполная экстракция данных, недостатки в оценке предвзятости)
Заключение		Дайте общую интерпретацию результатов и рекомендации для дальнейших исследований
Финансирование		Опишите источники финансирования для систематического обзора и другую поддержку (например, предоставление данных); роль источников финансирования для систематического обзора

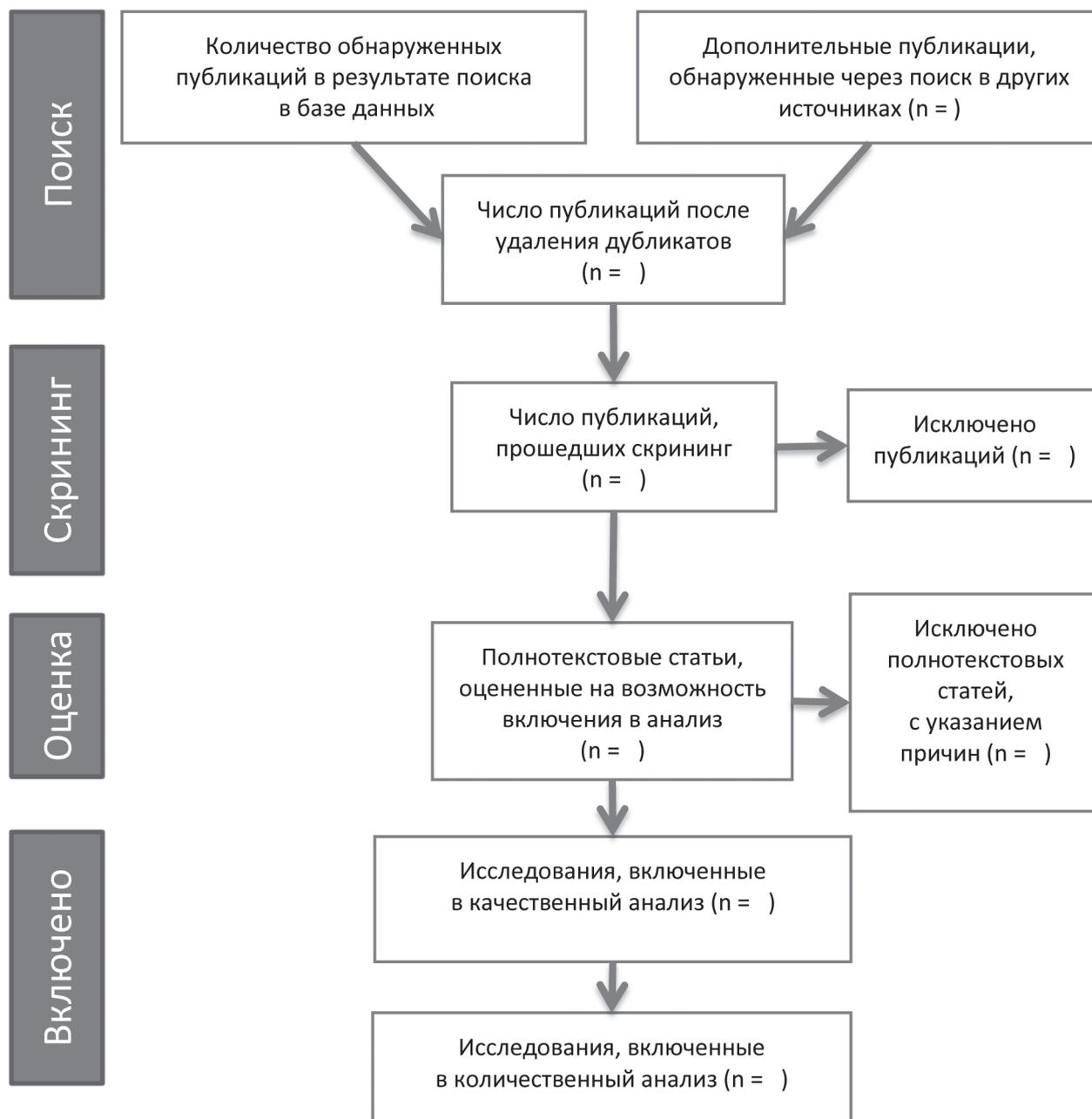


Рис. 4. Шаблон блок-схемы дизайна систематического обзора/метаанализа по PRISMA

Fig. 4. Template of flow chart for design of systematic review/meta-analysis according to PRISMA

## Рекомендации STARD с объяснениями

Раздел статьи		Содержание раздела
Название		Укажите в названии, что это исследование диагностической точности, отметьте, по крайней мере, один из способов ее оценки (чувствительность, специфичность, прогностическая ценность, площадь под ROC-кривой и т.д.)
Реферат (абстракт)		Структурированная информация о дизайне исследования, методах, результатах и выводах (для более подробных рекомендаций см. STARD)
Введение		Научный статус проблемы, включая предполагаемое использование и клиническую значимость изучаемого диагностического теста
		Цели исследования и гипотезы
Методы	Дизайн исследования	Отметьте, был ли запланирован сбор данных, и были ли определены референсные границы до начала исследования (проспективное исследование) или после его начала (ретроспективное исследование)
	Участники	Критерии включения
		По какому признаку искали потенциально включаемых участников (симптомы, результаты предыдущих диагностических тестов, вхождение в регистр и др.)
		Где и когда искали потенциально включаемых участников (учреждения, места проживания и даты)
		Отметьте характер выборки участников (образовали ли участники последовательную, случайную или «удобную для наблюдения исследователем» выборку)
	Методика диагностического теста	Методика должна быть описана достаточно подробно для возможного воспроизведения
		Точно указанные референсные значения для возможного воспроизведения
		Обоснование выбора референсных значений (если существуют другие границы референсных значений)
		Если в ходе исследования были сделаны изменения критериев положительного результата, то указать причины изменений и точное определение принятых критериев
		Если в ходе исследования были сделаны изменения критериев положительных границ референсных значений, то указать причины изменения и точное определение принятых референсных значений
		Были ли доступны сотрудникам, выполняющим диагностику, клинические данные и референсные значения изучаемого диагностического теста
		Были ли доступны исследователям-аналитикам клинические данные пациента, которому выполнен диагностический тест

Раздел статьи		Содержание раздела
Анализ		Методы оценки или сравнения мер диагностической точности
		Как обрабатывались сомнительные результаты, и какова была тактика при неопределенных границах референсных значений
		Как обрабатывались случаи отсутствующих результатов теста
		Выполнялся ли анализ вариабельности диагностической точности с указанием, был ли этот анализ запланирован изначально
		Конечный размер выборки и способ его определения
Результаты	Участники	Желательно использовать блок-схему
		Исходные демографические и клинические характеристики участников
		Распределение пациентов с целевым состоянием по тяжести основного диагноза (в соответствии с классификацией болезни, травмы)
		Распределение пациентов без целевого состояния по сопутствующим диагнозам
		Временные интервалы и любые медицинские вмешательства между выполнением диагностического теста и его оценкой
	Результаты диагностического теста	Перекрестные таблицы результатов диагностического теста и референсных значений
		Диагностическая точность (с 95% доверительным интервалом)
	Осложнения	Любые осложнения или нежелательные реакции, возникшие после выполнения диагностического теста до момента оценки
Обсуждение	Ограничения исследования, включая источники потенциальной предвзятости, статистические недостатки. Оценка возможности генерализации результатов	
	Практические рекомендации по использованию диагностического теста, включая его клиническую значимость	
Другая информация	Укажите регистрационный номер исследования в конкретном регистре	
	Где можно ознакомиться с полным протоколом исследования	
	Источники финансирования и другая поддержка с указанием роли спонсоров	

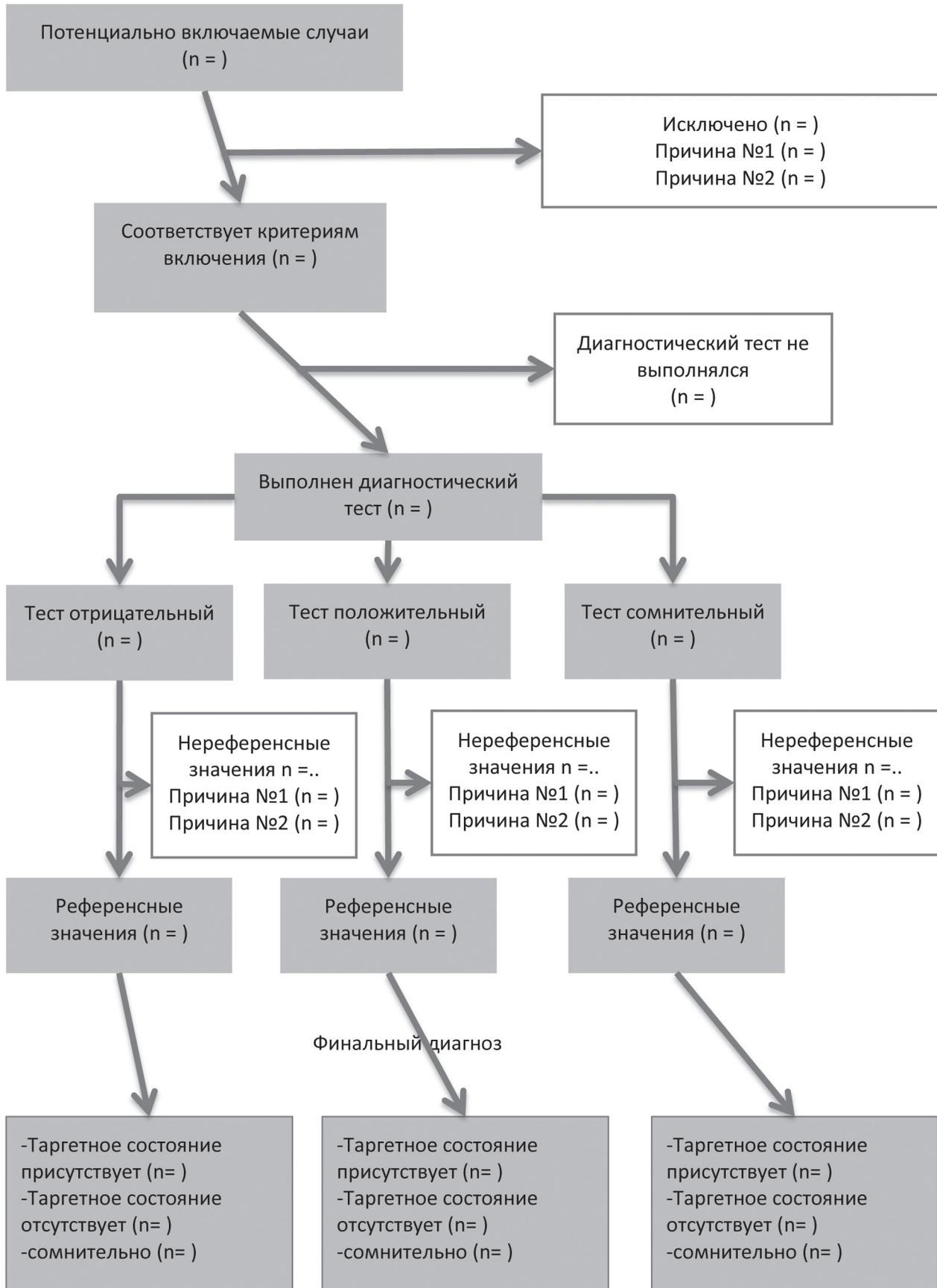


Рис. 5. Шаблон блок-схемы дизайна исследования по оценке точности диагностики STARD

Fig. 5. Template of flow chart for design of diagnostic accuracy studies according to STARD

## Заключение

Использование чек-листов и блок-схем дизайна помогает сделать исследование более прозрачным и качественным. Мы призываем авторов использовать как минимум блок-схемы, которые сделают публикацию более понятной и наглядной для читателя и снизят вероятность отказа рецензента в приеме статьи к публикации.

Мы разработали шаблоны, которые вы можете скачать и использовать. Надеемся, что это будет полезно.

**Таблица со ссылками на шаблоны блок-схем доступна в виде приложения к статье на сайте журнала\*.**

## Литература [References]

- Gagnier J.J., Kienle G., Altman D.G., Moher D., Sox H., Riley D. The CARE Guidelines: Consensus-based Clinical Case Reporting Guideline Development. *Glob Adv Health Med.* 2013;2(5):38-43. doi: 10.7453/gahmj.2013.008.
- von Elm E., Altman D.G., Egger M., Pocock S.J., Gøtzsche P.C., Vandenbroucke J.P. STROBE Initiative. The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *BMJ.* 2007;335:806-808. doi: 10.1136/bmj.39335.541782.AD.
- Schulz K.F., Altman D.G., Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. *Ann Intern Med.* 2010;152(11):726-732. doi: 10.7326/0003-4819-152-11-201006010-00232.
- Bossuyt P.M., Reitsma J.B., Bruns D.E., Gatsonis C.A., Glasziou P.P., Irwig L.M. et al. Towards complete and accurate reporting of studies of diagnostic accuracy: the STARD initiative. Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy. *Clin Chem.* 2003;49(1):1-6.
- Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA Statement. *PLoS Med* 2009;6(7):e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- Rodrigues L., Kirkwood B.R. Case-control designs in the study of common diseases: updates on the demise of the rare disease assumption and the choice of sampling scheme for controls. *Int J Epidemiol.* 1990;19(1): 205-213. doi: 10.1093/ije/19.1.205.
- Rothman K.J., Greenland S. Case-Control Studies. In: Rothman K.J., Greenland S., eds. *Modern epidemiology.* 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia : Lippincott Raven, 1998. pp. 93-114.
- Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Исследования типа «случай-контроль» в здравоохранении. *Наука и здравоохранение.* 2015;(4):5-17. Grjibovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatoва M.A. [Case-control studies in health sciences]. *Nauka i Zdravoohranenie [Science & Healthcare].* 2015;(4):5-17. (In Russian).
- Гржибовский А.М., Иванов С.В. Поперечные (одномоментные) исследования в здравоохранении. *Наука и здравоохранение.* 2015;(2):5-18. Grjibovski A.M., Ivanov S.V. Cross-sectional studies in health sciences. *Nauka i Zdravoohranenie [Science & Healthcare].* 2015;(2):5-18. (In Russian).
- Vandenbroucke J.P., von Elm E., Altman D.G., Gøtzsche P.C., Mulrow C.D., Pocock S.J. et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Int J Surg.* 2014;12(12):1500-1524. doi: 10.1016/j.ijsu.2014.07.014.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Серeda Андрей Петрович* — д-р мед. наук, заместитель руководителя Федерального медико-биологического агентства России, Москва

*Андрианова Марина Александровна* — канд. тех. наук, консультант управления здравоохранения и промышленной медицины, Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Andrey P. Sereda* — Dr. Sci. (Med.), Deputy Head, Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation

*Marina A. Andrianova* — Cand. Sci. (Tech.), Consultant, Department of Health and Industrial Medicine, Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russian Federation

\* <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184tab>

## Стимуляция остеогенеза постоянным электрическим током (обзор литературы)

Е.Н. Овчинников, М.В. Стогов

ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова»  
Минздрава России, г. Курган, Россия

### Реферат

Стимуляция остеогенеза при лечении некоторых ортопедо-травматологических патологий является необходимым элементом для обеспечения лучшего клинического эффекта. **Цель аналитического обзора** — оценить подходы и возможности стимуляции остеогенеза с применением постоянного электрического тока на основе анализа литературных данных. **Стратегия поиска литературных источников.** Поиск источников проводился в открытых электронных базах научной литературы PubMed и eLIBRARY по ключевым словам и их словосочетаниям: «остеогенез», «репаративный остеогенез», «постоянный электрический ток», «ортопедия», «травматология», «электрический ток», «остеорепарация» (на русском и английском языках). Глубина поиска — 30 лет. **Результаты.** Согласно некоторым фундаментальным исследованиям, стимулирующий эффект постоянного тока состоит как в стимуляции дифференцировки и пролиферации остеобластов, так и в стимуляции дифференцировки стволовых клеток, в основном — мезенхимальных стволовых клеток костного мозга и жировой ткани в остеогенном направлении. К настоящему времени для стимуляции остеогенеза разработаны и апробированы в клинической практике три технологии: 1 — прямое воздействие постоянным током на кость; 2 — емкостное воздействие; 3 — индуктивное (электромагнитное) воздействие. Клинический опыт показывает, что технология 1 наиболее эффективна в части остеорепарации, однако менее безопасна, чем технологии 2 и 3. Для всех отмеченных технологий отсутствуют четкие показания и режимы применения электрического воздействия. Наиболее перспективной технологией авторы включенных в обзор статей считают технологию 1. Повышение параметров безопасности технологии 1 может быть достигнуто, если в качестве электрода использовать имплантируемые по медицинским показаниям металлические изделия и имплантаты: спицы, стержни, скобы, фиксаторы и т.д. **Заключение.** Использование электрического тока для стимуляции остеогенеза является перспективным методом, требующим уточнения по части показаний и режимов применения.

**Ключевые слова:** остеогенез, электростимуляция, постоянный электрический ток.

doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-185-191

## Stimulation of Osteogenesis by Direct Electric Current (Review)

E.N. Ovchinnikov, M.V. Stogov

Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics,  
Kurgan, Russian Federation

### Abstract

**Background.** Stimulation of osteogenesis in the treatment of certain orthopedic and trauma pathologies is a necessary element to ensure the best clinical outcome. **The purpose** of the present analytical review is to analyze the literature data in respect of evaluating the approaches and possibilities to stimulate osteogenesis using direct

📖 Овчинников Е.Н., Стогов М.В. Стимуляция остеогенеза постоянным электрическим током (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):185-191. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-185-191.

**Cite as:** Ovchinnikov E.N., Stogov M.V. [Stimulation of Osteogenesis by Direct Electric Current (Review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):185-191. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-185-191.

✉ Овчинников Евгений Николаевич / Evgenii N. Ovchinnikov; e-mail: omu00@list.ru

Рукопись поступила/Received: 05.04.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 06.06.2019.

current. **Methods.** The search for literature data was performed in the open electronic databases of scientific literature PubMed and eLIBRARY under the following keywords and their combinations: “osteogenesis”, “reparative osteogenesis”, “direct electric current”, “orthopaedics”, “traumatology”, “electric current” (in Russian as well as in English language). Results. According to some fundamental research, the stimulating effect of direct current lies in both in stimulating differentiation and proliferation of osteoblasts, and in stimulating differentiation of stem cells, mainly mesenchymal stem cells of bone marrow and adipose tissue, in the process of osteogenesis. The following stimulating technologies were developed and clinically tested to date: 1 — direct exposure of bone to the direct current; 2 — capacitive coupled stimulation; and 3 — inductive coupled (electromagnetic) stimulation. Analysis of clinical practice demonstrated that the first technology is most effective in terms of osteoreparation, but less safe than technology 2 and 3. It should be noted that there are no clear indications and modes of application for the abovementioned methods. Based on the data collected in the present analysis, technology 1 is considered by authors as the most promising. Safety of technology 1 can be enhanced by application of metal implants as electrodes in case those are planned to be used for medical reasons: wires, rods, staples, fixators, etc. Conclusion. Use of electric current to stimulate bone formation is a promising method which requires clarification in respect of indications and application modes.

**Keywords:** osteogenesis, electrostimulation, direct electric current.

## Введение

Стимуляция остеогенеза остается актуальной проблемой практической травматологии и ортопедии. Необходимость такой стимуляции возникает как при решении задач ускорения сращения переломов, так и для стимуляции остеогенеза при лечении ортопедической патологии [1, 2]. В ортопедической практике стимулирующее воздействие направлено:

- на увеличение остеointegrации металлических имплантатов [3];
- на ускорение роста и минерализации костных регенератов, формируемых при восполнении костных дефектов и/или в ходе увеличения длины конечностей [4, 5].

В клинической практике при применении аппаратов внешней фиксации и при имплантации погружных изделий в целях протезирования дополнительным основанием для стимуляции остеогенеза является минимизация у пациентов ятрогенных рисков (инфицирование имплантатов, контрактуры, атрофия мышц и др.), а также снижение бытового и психологического дискомфорта пациента, связанного с длительным нахождением в аппарате [6–8]. Исходя из этих соображений, стимуляция остеогенеза выглядит вполне разумным и необходимым элементом при лечении пациентов, у которых используют технологии с применением внешних фиксаторов, в целях обеспечения сокращения сроков лечения, что не только снижает ятрогенные риски, но и может иметь медико-экономическую целесообразность. В этом плане достаточно эффективным может выглядеть использование методов электрической стимуляции остеогенеза [9].

**Цель аналитического обзора** — оценить подходы и возможности стимуляции остеогенеза с применением постоянного электрического тока на основе анализа литературных данных.

## Стратегия поиска литературных источников

Поиск литературных данных проводился в открытых электронных базах научной литературы PubMed и eLIBRARY. Для поиска использовали ключевые слова и словосочетания: остеогенез, «репаративный остеогенез», «электрический ток», «постоянный электрический ток», «ортопедия», «травматология», «остеорепарация» (на русском и английском языках). Глубина поиска — 30 лет.

Для проведения анализа и оценки литературных данных были определены критерии включения и исключения источников в аналитическое исследование.

**Критерии включения:** наличие полнотекстовых источников или структурированного, с указанием конкретных количественных данных, реферата.

**Критерии исключения:** клинические примеры; тезисы докладов; исследования, имеющие признаки «вторичности» и «дублирования» (схожие протокол исследования, группы, число пациентов и др.). В случае обнаружения таких статей выбирали более поздний по дате публикации источник.

## Результаты

### Изучение эффектов электростимуляции *in vitro*

В настоящее время известно, что в основе эффекта стимуляции остеогенеза под действием постоянного электрического тока лежит явление миграции остеобластов к электроду, выступающему в качестве катода, с последующей их дифференциацией и пролиферацией на нем [10–13]. Современные исследования демонстрируют, что стимулирующий эффект постоянного тока состоит не только в стимуляции остеобластов, но и в стимуляции клеток-предшественников. В частности,

многие исследователи выявили, что под действием постоянного электрического тока происходит стимуляция дифференцировки стволовых клеток, в основном — мезенхимальных стволовых клеток костного мозга и жировой ткани, в остеогенном направлении. Сводные данные по этим исследованиям приведены в таблице.

Таким образом, имеющиеся фундаментальные исследования убедительно доказывают системный характер стимулирующего влияния постоянного электрического тока на клеточные элементы кости. Учитывая, что этот эффект был продемонстрирован достаточно давно, к настоящему времени накопился определенный опыт применения электростимуляции в клинике и эксперименте.

### *Изучение эффектов электростимуляции in vivo*

На основании известного эффекта стимулирующего влияния постоянного электрического тока на остеогенез на катоде были разработаны и апробированы в клинической практике три технологии стимуляции остеогенеза [19, 20].

Технология 1 — прямое воздействие постоянного тока на кость. Эта технология заключается в том, что к месту перелома кости имплантируется электрод, являющийся катодом. Анод размещают на коже над местом перелома. Используемые параметры тока — от 5 до 100 мкА.

Технология 2 — емкостное воздействие. Этот способ представляет собой неинвазивный метод. Электроды размещают на коже над местом перелома так, что участок перелома находится между

электродами. Затем к электродам присоединяется внешний источник питания, который индуцирует электрическое поле в месте приложения. Параметры тока: 1–10 В при частотах 20–200 кГц, что приводит к получению электрических полей от 1 до 100 мВ/см в месте перелома кости.

Технология 3 — индуктивное (электромагнитное) воздействие. Электромагнитная катушка, прикрепленная к внешнему источнику питания, размещается на коже над местом перелома кости. Катушка генерирует магнитное поле, которое индуцирует электрическое поле в месте перелома.

В настоящее время для реализации указанных выше способов созданы, экспериментально апробированы и зарегистрированы различные устройства для клинического применения электрического тока в целях стимуляции остеогенеза. Перечень устройств и области их применения подробно описаны в обзоре M. Griffin и A. Bayat [19].

Большинство авторов оценивают опыт применения этих технологий в клинике положительно, однако признают, что основным фактором, сдерживающим их широкое практическое использование, является отсутствие четких и обоснованных показаний к применению [20, 21, 22, 23]. Возникают сложности со стандартизацией и унификацией условий стимуляции: выбор параметров тока, длительности и периодичности воздействия, времени начала воздействия после травм или операций [24]. На сложности выбора этих условий указывают и приведенные выше данные исследований *in vitro*, в которых клеточный эффект достигается при разных режимах электростимуляции.

Таблица

**Работы с доказанным эффектом стимуляции дифференцировки стволовых клеток в остеогенном направлении под действием постоянного электрического тока**

Источник	Клетки	Параметры тока	Режим стимуляции	Примечание
Eischen-Loges M. с соавторами [14]	МСК КМ (крыса)	100 мВ	1 ч в течение 7 сут.	Эффект не обнаружен при режиме 1 ч в течение 3 сут.
Wang X. с соавторами [15]	МСК КМ (крыса)	200 мВ	4 ч разово	Эффект стимуляции на положительном электроде
Mobini S. с соавторами [16]	МСК КМ (крыса)	100 мВ	1 ч в течение 7 сут.	При режиме 200 мВ отмечен лизис клеток
Mobini S. с соавторами [16]	МСК ЖТ (крыса)	100 мВ	1 ч в течение 14 сут.	–
Hu W.W. с соавторами [17]	МСК КМ (крыса)	35 мВ	4 ч разово	–
Zhang J. с соавторами [18]	МСК ЖТ (человек)	200 мкА	4 ч в течение 21 сут.	–

МСК — мезенхимальные стволовые клетки; КМ — костный мозг; ЖТ — жировая ткань.

Если же оценивать перечисленные выше технологии по отдельности, то в литературе отмечается, что неинвазивность технологий 2 и 3 обеспечивает их несомненное преимущество для клинической практики ввиду их безопасности [25]. Однако у этих методов имеется недостаток — это отсутствие направленного стимулирующего воздействия на костную ткань, т.к. воздействие проходит в основном опосредованно через параоссальные ткани. Это заметно снижает эффективность технологий 2 и 3 и делает их применение недостаточно обоснованным для использования в широкой клинической практике [26, 27].

Преимущество первого способа стимуляции (катодной стимуляции остеогенеза непосредственно в очаге повреждения) — его эффективность, которая продемонстрирована в ряде экспериментальных работ [28, 29, 30]. При этом имеются также данные о том, что применение этой технологии не всегда эффективно, в частности, при заживлении дефектов костей черепа [31].

Имеющийся к настоящему времени клинический опыт применения технологии 1 в целях стимуляции остеогенеза оказался положительным в случаях использования его для ускорения сращения замедленно срастающихся переломов, стимуляции формирования анкилоза, а также стимуляции восстановления костной ткани в области кисты после ее пластики [19, 20, 32, 33, 34, 35]. В частности, нами, по данным литературы, выявлено, что достижение сращения замедленно срастающихся переломов при применении постоянного электрического тока наблюдается в 62,5–92,9% случаев. В свою очередь, по результатам контролируемых рандомизированных исследований, успешность пояснично-крестцового спондилодеза у пациентов со стимуляцией постоянным электрическим током составляет от 91,5 до 95,0%, тогда как у пациентов, получавших лечение без электростимуляции, отмечалось 75–85% положительных исходов [19].

Тем не менее, инвазивность этого способа серьезно ограничивает опыт его клинического применения, в том числе из-за рисков инфицирования имплантируемого электрода [36]. Кроме того, применение метода прямой электростимуляции остеогенеза может сопровождаться интоксикацией тканей продуктами коррозии имплантируемых изделий [37].

Таким образом, очевидно, что применение технологии прямой стимуляции остеогенеза постоянным электрическим током более эффективно, чем использование методов непрямого стимуляции. Последние, однако, для клинического применения более безопасны по части инвазивности и наличия осложнений. Тем не менее, многие авторы указывают на то, что тех-

нологии электростимуляции остеогенеза должны использоваться исключительно как методы дополнительного воздействия при лечении ортопедо-травматологической патологии строго по показаниям [9, 19, 33].

Мы считаем, что наиболее перспективной для дальнейшего развития является технология 1 (прямой электростимуляции), так как она более эффективна для остеогенеза, а параметры ее безопасности могут быть достигнуты применением в качестве электродов имплантируемых по медицинским показаниям металлических изделий и имплантатов: спицы, стержни, скобы, фиксаторы и т.д.

В этом направлении уже выполнен ряд экспериментальных исследований. В частности, показаны возможности электростимуляции остеогенеза по металлическим дентальным имплантатам с целью улучшения их остеоинтеграции [38, 39] и электростимуляции по интрамедуллярным спицам с целью ускорения репарации поврежденных костей [40, 41, 42].

Во всех этих исследованиях продемонстрировано, что использование имплантируемых изделий в качестве катода может быть достаточно перспективным вариантом для стимуляции (на интерфейсе «кость — имплантат») процессов остеогенеза. Отмечается также, что существенным плюсом такого подхода является то, что при нем снижается вероятность инфицирования используемых в качестве электродов имплантированных изделий. Это происходит за счет создаваемого на них электрическим током антимикробного эффекта [43, 44].

Таким образом, имеющиеся исследования указывают на то, что применение имплантатов в качестве катодов для электростимуляции потенциально обладает не меньшей эффективностью, чем использование специальных приборов для прямой электростимуляции. Это также повышает безопасность технологии, поскольку отсутствует необходимость дополнительной инвазии при имплантации катода, а также снижаются риски инфицирования имплантируемых металлических изделий.

Отдельно стоит остановиться на возможности электростимуляции остеогенеза в условиях применения аппаратов внешней фиксации, в том числе и аппаратов Г.А. Илизарова. Несомненно, сама конструкция аппарата позволяет создавать ток в оперированном сегменте, используя в качестве электродов его чрескостные элементы (спицы и стержни) [45]. Однако в этой ситуации достижение местного стимулирующего остеогенеза воздействия может быть затруднено в силу того, что имплантированные спицы, фиксирующие костные отломки находятся вдали от зоны костного регенерата. Частичное решение этой проблемы может быть достигнуто за счет применения

в качестве фиксирующего элемента специальной спицы или стержня, частично или полностью покрытого изолированным материалом. Современные технологии применения полимерных материалов допускают возможность изготовления подобного изделия без существенного удорожания производства.

Имеющиеся к настоящему времени экспериментальные работы демонстрируют положительный остеогенный эффект электростимуляции с использованием спиц аппарата Илизарова в качестве электродов, в частности на модели distractionного остеогенеза [46, 47, 48, 49]. Во всех случаях стимулирующий эффект достигался за счет более ранней минерализации distractionного регенерата на этапе фиксации, в связи с чем оптимальными сроками электростимуляции являются последние дни distraction и первые дни фиксации.

Можно полагать, что отмеченный положительный эффект стимуляции distractionного остеогенеза — кумулятивный, то есть является суммированием как непосредственного прямого воздействия тока на регенерат (прежде всего через параоссальные ткани), так и емкостного электромагнитного воздействия, которое формируется при прохождении тока по замкнутой системе «аппарат Илизарова — конечность». Следовательно, имеющиеся наблюдения делают перспективным применение варианта электростимуляции остеогенеза по спицам аппаратов внешней фиксации, используемых для задач как травматологии, так и ортопедии.

Проведенный анализ данных литературы позволяет заключить, что к настоящему времени фундаментально обоснованы и разработаны различные подходы и технические решения для электростимуляции остеогенеза. Однако широкое внедрение этих технологий в практику затруднено из-за отсутствия четких показаний и режимов применения технологий электрического воздействия и отсутствия для них доказательных клинических данных об эффективности и приемлемой безопасности. Поэтому провести сравнительную оценку эффективности представленных в обзоре технологий электростимуляций достаточно сложно. Однако местная направленность стимулирующего воздействия технологии 1, а также возможность снижения ее инвазивности за счет применения в качестве электродов для стимуляции имплантируемых при лечении ортопедо-травматологической патологии металлических изделий (спицы, стержни, винты и др.) делает этот подход, по нашему мнению, наиболее перспективным для дальнейшего клинического применения. Тем более что для реализации этого направления уже имеется фундаментальная база

(доказанный эффект катодной стимуляции остеогенеза) и ряд обнадеживающих экспериментальных наблюдений.

Использование электрического тока для стимуляции остеогенеза выглядит перспективным методом, требующим, однако, уточнения в части показаний и режимов применения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование выполнено в рамках государственного задания Минздрава России, номер регистрации в ЕГИСУ НИОКТР АААА-18-118011190122-5.

**Вклад авторов**

Овчинников Е.Н. — анализ и описание результатов поиска, оформление статьи.

Стогов М.В. — подбор публикаций для обзора, описание результатов.

## Литература [References]

1. Buza J.A. 3rd, Einhorn T. Bone healing in 2016. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2016;13(2):101-105. doi: 10.11138/ccmbm/2016.13.2.101.
2. Kostenuik P., Mirza F.M. Fracture healing physiology and the quest for therapies for delayed healing and nonunion. *J Orthop Res.* 2017;35(2):213-223. doi: 10.1002/jor.23460.
3. Lewallen E.A., Riester S.M., Bonin C.A., Kremers H.M., Dudakovic A., Kakar S. et al. Biological strategies for improved osseointegration and osteoinduction of porous metal orthopedic implants. *Tissue Eng Part B Rev.* 2015;21(2):218-230. doi: 10.1089/ten.TEB.2014.0333.
4. Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research. *Int Orthop.* 2013;37(8):1533-1539. doi: 10.1007/s00264-013-1935-0.
5. Jauregui J.J., Ventimiglia A.V., Grieco P.W., Frumberg D.B., Herzenberg J.E. Regenerate bone stimulation following limb lengthening: a meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17(1):407. doi: 10.1186/s12891-016-1259-5.
6. Moraal J.M., Elzinga-Plomp A., Jongmans M.J., Roermund P.M., Flikweert P.E., Castelein R.M., Sinnema G. Long-term psychosocial functioning after Ilizarov limb lengthening during childhood. *Acta Orthop.* 2009;80(6):704-710. doi: 10.3109/17453670903473024.
7. Hosny G.A. Humeral lengthening and deformity correction. *J Child Orthop.* 2016;10(6):585-592. doi: 10.1007/s11832-016-0789-6.
8. Alzahrani M.M., Anam E.A., Makhdom A.M., Villemure I., Hamdy R.C. The effect of altering the mechanical loading environment on the expression of bone regenerating molecules in cases of distraction osteogenesis. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2014;5:214. doi: 10.3389/fendo.2014.00214. eCollection 2014.
9. Khalifeh J.M., Zohny Z., MacEwan M., Stephen M., Johnston W., Gamble P., Zeng Y., Yan Y., Ray W.Z. Electrical stimulation and bone healing: a review of current technology and clinical applications. *IEEE Rev Biomed Eng.* 2018;11:217-232. doi: 10.1109/RBME.2018.2799189.
10. Ferrier J., Ross S.M., Kanehisa J., Aubin J.E. Osteoclasts and osteoblasts migrate in opposite directions in

- response to a constant electrical field. *J Cell Physiol.* 1986;129(3):283-288. doi: 10.1002/jcp.1041290303.
11. Kumar A., Nune K.C., Misra R.D. Electric field-mediated growth of osteoblasts — the significant impact of dynamic flow of medium. *Biomater Sci.* 2016;4(1):136-144. doi: 10.1039/c5bm00350d.
  12. Thrivikraman G., Boda S.K., Basu B. Unraveling the mechanistic effects of electric field stimulation towards directing stem cell fate and function: A tissue engineering perspective. *Biomaterials.* 2018;150:60-86. doi: 10.1016/j.biomaterials.2017.10.003.
  13. Bodhak S., Bose S., Kinsel W.C., Bandyopadhyay A. Investigation of in vitro bone cell adhesion and proliferation on ti using direct current stimulation. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2012;32(8):2163-2168. doi: 10.1016/j.msec.2012.05.032.
  14. Eischen-Loges M., Oliveira K.M.C., Bhavsar M.B., Barker J.H., Leppik L. Pretreating mesenchymal stem cells with electrical stimulation causes sustained long-lasting pro-osteogenic effects. *Peer J.* 2018;6:e4959. doi: 10.7717/peerj.4959.
  15. Wang X., Gao Y., Shi H., Liu N., Zhang W., Li H. Influence of the intensity and loading time of direct current electric field on the directional migration of rat bone marrow mesenchymal stem cells. *Front Med.* 2016;10(3):286-296. doi: 10.1007/s11684-016-0456-9.
  16. Mobini S., Leppik L., Thottakkattumana Parameswaran V., Barker J.H. In vitro effect of direct current electrical stimulation on rat mesenchymal stem cells. *Peer J.* 2017;5:e2821. doi: 10.7717/peerj.2821.
  17. Hu W.W., Hsu Y.T., Cheng Y.C., Li C., Ruaan R.C., Chien C.C., Chung C.A., Tsao C.W. Electrical stimulation to promote osteogenesis using conductive polypyrrole films. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2014;37:28-36. doi: 10.1016/j.msec.2013.12.019.
  18. Zhang J., Li M., Kang E.T., Neoh K.G. Electrical stimulation of adipose-derived mesenchymal stem cells in conductive scaffolds and the roles of voltage-gated ion channels. *Acta Biomater.* 2016;32:46-56. doi: 10.1016/j.actbio.2015.12.024.
  19. Griffin M., Bayat A. Electrical stimulation in bone healing: critical analysis by evaluating levels of evidence. *Eplasty.* 2011;11:e34.
  20. Kuzyk P.R., Schemitsch E.H. The science of electrical stimulation therapy for fracture healing. *Indian J Orthop.* 2009;43(2):127-131. doi: 10.4103/0019-5413.50846.
  21. Anglen J. The clinical use of bone stimulators. *J South Orthop Assoc.* 2003;12(2):46-54.
  22. Beck B.R., Matheson G.O., Bergman G., Norling T., Fredericson M., Hoffman A.R., Marcus R. Do capacitively coupled electric fields accelerate tibial stress fracture healing? A randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2008;36(3):545-553. doi: 10.1177/0363546507310076.
  23. Nelson F.R., Brighton C.T., Ryaby J., Simon B.J., Nielson J.H., Lorich D.G. et al. Use of physical forces in bone healing. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003;11(5):344-354.
  24. Zhu S., Jing W., Hu X., Huang Z., Cai Q., Ao Y., Yang X. Time-dependent effect of electrical stimulation on osteogenic differentiation of bone mesenchymal stromal cells cultured on conductive nanofibers. *J Biomed Mater Res A.* 2017;105(12):3369-3383. doi: 10.1002/jbm.a.36181.
  25. Snyder M.J., Wilensky J.A., Fortin J.D. Current applications of electrotherapeutics in collagen healing. *Pain Physician.* 2002;5(2):172-181.
  26. Gan J.C., Glazer P.A. Electrical stimulation therapies for spinal fusions: current concepts. *Eur Spine J.* 2006;15(9):1301-1311. doi: 10.1007/s00586-006-0087-y.
  27. Griffin X.L., Costa M.L., Parsons N., Smith N. Electromagnetic field stimulation for treating delayed union or non-union of long bone fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;(4):CD008471. doi: 10.1002/14651858.CD008471.pub2.
  28. Dodge G.R., Bowen J.R., Oh C.W., Tokmakova K., Simon B.J., Aroojis A., Potter K. Electrical stimulation of the growth plate: a potential approach to an epiphyseodesis. *Bioelectromagnetics.* 2007;28(6):463-470. doi: 10.1002/bem.20329.
  29. Leppik L., Zhihua H., Mobini S., Thottakkattumana Parameswaran V., Eischen-Loges M., Slavici A. et al. Combining electrical stimulation and tissue engineering to treat large bone defects in a rat model. *Sci Rep.* 2018;8(1):6307. doi: 10.1038/s41598-018-24892-0.
  30. Волков Е.Е., Решетняк В.К., Домарацкая Е.И., Волков А.Е., Кучеряну В.Г., Буторина Н.Н., Паюшина О.В. Влияние низкочастотной электростимуляции на регенерацию костной ткани. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2015;59(3):94-99. doi: 10.25557/0031-2991.2015.03.94-99.
  31. Modarresi J., Aghili H., Karandish M., Jalali B., Zahir S.T. Effect of direct electric current on parietal bone osteogenesis. *J Craniofac Surg.* 2012;23(6):1607-1609. doi: 10.1097/SCS.0b013e3182575423.
  32. Курьшев Д.А., Шейн В.Н. Оценка ближайших результатов непрямого остеопластики в лечении кист костей у детей. *Детская хирургия.* 2011;(5):32-34.
  33. Kuryshev D.A., Shein V.N. [Estimation of the immediate outcome of indirect osteoplasty for the treatment of bone cysts in children]. *Detskaya Khirurgiya [Russian Journal of Pediatric Surgery].* 2011;(5):32-34. (In Russian).
  34. Goldstein C., Sprague S., Petrisor B.A. Electrical stimulation for fracture healing: current evidence. *J Orthop Trauma.* 2010;24:S62-S65. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181cdde1b.
  35. Pickering S.A., Scammell B.E. Electromagnetic fields for bone healing. *Int J Low Extrem Wounds.* 2002;1(3):152-160. doi: 10.1177/153473460200100302.
  36. Saxena A., Di Domenico L.A., Widtfeldt A., Adams T., Kim W. Implantable electrical bone stimulation for arthrodeses of the foot and ankle in high-risk patients: a multicenter study. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44(6):450-454. doi: 10.1053/j.jfas.2005.07.018.
  37. Hughes M.S., Anglen J.O. The use of implantable bone stimulators in nonunion treatment. *Orthopedics.* 2010;33(3). doi: 10.3928/01477447-20100129-15.
  38. Szweczenko J., Marciniak J. The influence of electrostimulation with the use of direct and alternating current on the corrosion of Cr-Ni-Mo steel implants. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2000;2(3):58-62.
  39. Dergin G., Akta M., Gürsoy B., Devcioglu Y., Kürkcü M., Benlidayi E. Direct current electric stimulation in implant osseointegration: an experimental animal study with sheep. *J Oral Implantol.* 2013;39(6):671-679. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-10-00172.
  40. Vanegas-Acosta J.C., Garzón-Alvarado D.A., Lancellotti V. Numerical simulation of electrically stimulated osteogenesis in dental implants. *Bioelectrochemistry.* 2014;96:21-36. doi: 10.1016/j.bioelechem.2013.12.001.

40. Inan M., Alat I., Gurses I., Kekilli E., Kutlu R., Eskin A. et al. Induced angiogenesis with intramedullary direct current: experimental research. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2005;288(2):H705-709. doi: 10.1152/ajpheart.01222.2003.
41. Isaacson B.M., Brunner L.B., Brown A.A., Beck J.P., Burns G.L., Bloebaum R.D. An evaluation of electrical stimulation for improving periprosthetic attachment. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2011;97(1):190-200. doi: 10.1002/jbm.b.31803.
42. Yonemori K., Matsunaga S., Ishidou Y., Maeda S., Yoshida H. Early effects of electrical stimulation on osteogenesis. *Bone.* 1996;19(2):173-180.
43. Schmidt-Malan S.M., Brinkman C.L., Greenwood-Quaintance K.E., Karau M.J., Mandrekar J.N., Patel R. Activity of electrical current in experimental propionibacterium acnes foreign-body osteomyelitis. *Antimicrob Agents Chemother.* 2017;61(2):e01863-16. doi: 10.1128/AAC.01863-16.
44. Schmidt-Malan S.M., Brinkman C.L., Greenwood-Quaintance K.E., Karau M.J., Mandrekar J.N., Patel R. Activity of fixed direct electrical current in experimental Staphylococcus aureus foreign-body osteomyelitis. *Diagn Microbiol Infect Dis.* 2019;93(2):92-95. doi: 10.1016/j.diagmicrobio.2018.09.006.
45. Доброродный Е.В. Нераскрытые возможности аппарата Илизарова. *Известия ЮФУ. Технические науки.* 2008;82(5):84-87.
- Dobrorodny E.V. [The Unopened Opportunities of Ilizarovs Device]. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences.* 2008;82(5):84-87. (In Russian).
46. Ceballos A., Pereda O., Ortega R., Balmaseda R. Electrically-induced osteogenesis in external fixation treatment. *Acta Orthop Belg.* 1991;57(2):102-108.
47. El-Hakim I.E., Azim A.M., El-Hassan M.F., Maree S.M. Preliminary investigation into the effects of electrical stimulation on mandibular distraction osteogenesis in goats. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2004;33(1):42-47. doi: 10.1054/ijom.2003.0445.
48. Hagiwara T., Bell W.H. Effect of electrical stimulation on mandibular distraction osteogenesis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2000;28(1):12-19. doi: 10.1054/jcms.1999.0104.
49. Peña-Martínez V., Lara-Arias J., Vilchez-Cavazos F., Álvarez-Lozano E., Montes de Oca-Luna R., Mendoza-Lemus Ó. [Interosseous electrostimulation in a model of lengthening with external fixation]. *Cir Cir.* 2017;85(2):127-134. (In Spanish). doi: 10.1016/j.circir.2016.07.001.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Овчинников Евгений Николаевич — канд. биол. наук, ученый секретарь ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

Стогов Максим Валерьевич — д-р биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

## AUTHOR'S AFFILIATIONS:

Evgenii N. Ovchinnikov — Cand. Sci. (Biol.), Academic Secretary, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation

Maksim V. Stogov — Dr. Sci. (Biol.), Associate Professor, Leading Researcher, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation

## Вячеслав Васильевич Ключевский

### К 80-летию со дня рождения

4 сентября 2019 г. 80-летний юбилей отметил доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Вячеслав Васильевич Ключевский.

Вячеслав Васильевич родился в 1939 г. в Ярославле в семье врачей. Отец Василий Александрович с 1938 г. работал в Ярославле участковым врачом, в годы Великой Отечественной войны возглавлял госпитальное отделение МедСБ действующей армии Северо-Западного фронта, а в 1955 г. стал главным врачом клинической больницы имени Н.А. Семашко. Мать Мария Семеновна многие годы проработала в Ярославле врачом-стоматологом.

В 1956 г. В.В. Ключевский поступил на лечебный факультет Ярославского медицинского института. Еще учась на третьем курсе института, Вячеслав Васильевич сделал свою первую самостоятельную полостную операцию — аппендэктомию, к окончанию института их уже было 120. После окончания института в 1962 г. по распределению два года проработал хирургом в Мышкинской центральной районной больнице. Вячеслав Васильевич до сих пор с благодарностью вспоминает своих наставников из Мышкинской больницы — хирургов Евгению Федоровну Ершову и Анну Васильевну Полозову.

С 1964 по 1967 г. В.В. Ключевский обучался в аспирантуре на кафедре госпитальной хирургии Ярославского медицинского института под руководством профессора А.К. Шипова, а затем работал ассистентом этой кафедры. В 1967 г. Вячеслав Васильевич защитил кандидатскую диссертацию «Рациональные методы диагностики и лечения облитерирующего эндартериита». С 1 сентября 1968 г. он был переведен на должность ассистента вновь созданной кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии.

С 1972 г. Вячеслав Васильевич — доцент этой кафедры. В 1975 г. он защитил докторскую диссертацию «Демпферное скелетное вытяжение». В 1977 г. Вячеславу Васильевичу было присвоено ученое звание профессора.

С 01.09.1976 по 01.09.2017 г., т.е. 41 год, профессор В.В. Ключевский возглавлял кафедру травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Ярославского государственного медицинского университета. С 1983 по 2007 г. он был главным травматологом-ортопедом Ярославской области.



В.В. Ключевским и его учениками разработаны и внедрены в клиническую практику демпферное скелетное вытяжение и остеосинтез переломов стержнями из титановых сплавов. Профессор Ключевский является создателем нового направления — ангиотравматологии и одним из ведущих специалистов в области эндопротезирования крупных суставов.

Важная заслуга В.В. Ключевского — создание ярославской ортопедо-травматологической школы. Централизация ортопедо-травматологической помощи на базе одного 275-коечного ортопедо-травматологического центра с одиннадцатью специализированными отделениями позволила создать единые протоколы диагностики и лечения больных с травмой на всех этапах эвакуации, снизить инвалидизацию населения Ярославской области от всех травм за последние годы в 3,9 раза, существенно увеличить интенсивность специализированной ортопедо-травматологической помощи.

В.В. Ключевский является автором 21 изобретения, им опубликовано более 230 научных работ, в том числе 15 монографий и руководств.

В.В. Ключевский подготовил 10 докторов и 27 кандидатов наук.

Он является членом-корреспондентом Российской академии технологических наук (1993), почетным профессором Ярославского и Воронежского государственных медицинских университетов (2014). За долголетнюю плодотворную работу в области медицины Вячеслав Васильевич награжден орденом Дружбы народов (2009), серебряным орденом «Меценаты Отечества» (2010), золотой медалью им. Н.Н. Приорова «За вклад в развитие травматологии и ортопедии» (2001), нагрудными знаками «Отличник здравоохранения», «За отличные успехи в работе» и «За заслуги перед г. Ярославлем» (2004).

В.В. Ключевский — почетный член Ассоциации травматологов-ортопедов России, член редколлегии многих российских журналов по специальности «травматология и ортопедия».

Вячеслав Васильевич — разносторонне образованный человек с широким кругом интересов, он сочиняет стихи и песни, увлекается литературой, особенно поэзией. Его любимый поэт — Николай Рубцов, и читает он его самозабвенно, артистично не только для себя, друзей и близких, но и на концертах в Ярославской филармонии. Вячеслав Васильевич — прекрасный семьянин, отец пяти детей, четверо из которых стали врачами.

*Коллектив кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» и редакция журнала поздравляют Вячеслава Васильевича с юбилеем и желают ему много лет плодотворной деятельности, крепкого здоровья, благополучия!*

## Ваграм Ваганович Агаджанян К 70-летию со дня рождения

8 августа 2019 г. исполнилось 70 лет доктору медицинских наук профессору, академику РАЕН Ваграму Вагановичу Агаджаняну.

В.В. Агаджанян родился в 1949 г. в Ереване в семье врачей. В 1972 г. окончил Кемеровский государственный медицинский институт и до 1989 г. работал врачом травматологом-ортопедом Областной травматологической больницы г. Прокопьевска. В различных городах Кузбасса провел свыше 7 тысяч операций и поставил на ноги множество тяжелых больных. Он принимал активное участие в оказании срочной медицинской помощи пострадавшим во время землетрясения в Спитаке и во всех массовых авариях на шахтах.

В 1979 г. Ваграм Ваганович защитил кандидатскую, а в 1988 г. — докторскую диссертации. В 1999 г. ему присвоено ученое звание профессора по специальности «травматология и ортопедия».

В 1989 г. профессор В.В. Агаджанян был избран на должность заместителя директора по научной работе Кузбасского НИИ травматологии и реабилитации, а в августе 1993 г. был назначен на должность директора больничного комплекса, который в 1994 г. был переименован в Государственный научно-клинический центр охраны здоровья шахтеров (ныне — ГАУЗ КО «Областной клинический центр охраны здоровья шахтеров»). С 2015 г. В.В. Агаджанян — главный врач Центра.

Двадцать пять лет профессор В.В. Агаджанян возглавлял Центр. Благодаря тому, что во главе центра в свое время оказалась личность такого интеллектуального масштаба и такого сильного характера, Центр не просто уверенно прошел самые сложные 1990-е гг., сохранил сегодня лидирующие позиции в научно-практической и лечебной деятельности, но и создал огромный задел, чтобы завтра вести за собой национальные научные школы, укреплять единство науки и практики. За 25 лет в центре пролечено 400 тысяч пациентов, выполнено 150 тысяч операций, в том числе 12 тысяч операций с применением высоких технологий, зарегистрировано более 6 млн посещений в поликлиниках центра, из них свыше 2 млн шахтеров и 1,9 млн детей. Сейчас Центр является ведущим в России лечебным, научным и учебным медицинским учреждением, где воплощается передовой отечественный и зарубежный опыт работы по снижению заболеваемости среди жителей угледобывающих регионов. Ежегодно здесь получают



медицинскую помощь свыше 20 тысяч шахтеров и около 9 тысяч их детей, в стационаре лечится более 19 тысяч пациентов.

С 1996 г. на базе центра по его инициативе и под его руководством организованы и проведены 22 всероссийские научно-практические конференции с участием иностранных специалистов «Многопрофильная больница: хирургия травмы».

Кроме того, В.В. Агаджанян в 1998 г. организовал и с тех пор осуществляет руководство кафедрой последипломного образования «Интегративная травматология» Кемеровского государственного медицинского университета. С этого же года в университете работает кафедра последипломного образования «Профпатология». Под его личным руководством защищены 9 докторских и 39 кандидатских диссертаций.

В.В. Агаджанян является автором более 350 научных работ, в их числе 5 монографий, 2 учебно-методических пособия для преподавателей медицинских вузов и более 450 научных статей. Имеет свыше 40 авторских свидетельств на изобретения и 28 патентов РФ на изобретения.

В.В. Агаджанян — основатель и главный редактор научно-практического рецензируемого журнала «Политравма», а также член редакционных коллегий

научных медицинских журналов «Травматология и ортопедия России», «Медицинский алфавит», «Медицина в Кузбассе», «Хирургия позвоночника» и диссертационного совета при Новосибирском НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна.

Сочетая административную деятельность, врачебную практику и научную работу, В.В. Агаджанян создает благоприятные условия для эффективной инновационной среды и профессионального уровня молодых врачей и медицинских работников. Он — разносторонний человек, способный охватить взглядом, мыслью, проанализировать и проконтролировать все, что необходимо для учреждения, его коллектива и пациентов.

Профессор В.В. Агаджанян активно занимается общественной деятельностью, пропагандируя достижения современной медицины на научных и общественных форумах, в средствах массовой информации, трудовых коллективах Кузбасса.

За высокие профессиональные достижения В.В. Агаджанян неоднократно был награжден правительственными, ведомственными и региональными наградами: медалью «За особый вклад в развитие Кузбасса» II, III степеней (2002, 2005), знаком «Шахтерская слава», знаком «Трудовая слава» III и II степени (2004, 2006) и другими. В 2000 г. он был удостоен почетного звания «Заслуженный врач РФ».

*Коллектив ГАУЗ КО «Областной клинический центр охраны здоровья шахтеров» и редакция журнала поздравляют Ваграма Вагановича с юбилеем и желают крепкого здоровья и дальнейших успехов на благо региона и страны.*

## Георгий Иванович Жабин К 75-летию со дня рождения

13 сентября 2019 г. исполнилось 75 лет со дня рождения доктора медицинских наук, профессора Георгия Ивановича Жабина.

Георгий Иванович родился в 1944 г. в семье военнослужащего в Ленинграде, где и прошло все его детство. После окончания школы, в 1962 г. он поступил на лечебный факультет Первого Ленинградского медицинского института им. И.П. Павлова, который окончил в 1968 г. С 1968 по 1971 г. Георгий Иванович работал судовым врачом на Мурманском траловом флоте, а с 1971 по 1975 г. — врачом в одном из травмпунктов Ленинграда.

В 1975 г. Георгий Иванович поступил в клиническую ординатуру Ленинградского института травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (ныне РНИИТО им. Р.Р. Вредена), что и определило его дальнейшую судьбу. Его наставником в институте был доктор медицинских наук Зот Кириянович Башуров. Сферой научной и практической деятельности Георгия Ивановича стало лечение повреждений и заболеваний локтевого сустава. В институте он прошел большой путь от младшего научного сотрудника до руководителя научного отделения. Георгий Иванович проводил наиболее сложные операции на локтевом суставе: эндопротезирование и остеосинтез головки лучевой кости, остеосинтез мыщелка плечевой кости и т.д. При его участии в институте внедрены новые способы остеосинтеза при оскольчатых переломах локтевой кости, лечения рецидивирующего вывиха предплечья, профилактики посттравматической гетеротопической оссификации локтевого сустава.

В 1982 г. Георгий Иванович защитил кандидатскую диссертацию «Лечение асептического некроза полулунной кости кисти», а в 1996 г. — диссертацию на соискание ученой степени доктора медицинских наук на тему: «Оперативное лечение повреждений локтевого сустава и их последствий». Долгое время Георгий Иванович являлся постоянным членом Европейского общества хирургов плечевого и локтевого суставов (ESSSE).

*Коллектив РНИИТО им. Р.Р. Вредена и редакция журнала поздравляют Георгия Ивановича с юбилеем и желают ему здоровья, сил и долголетия!*



Им написаны более 150 научных работ, в том числе главы в национальных руководствах, учебные и методические пособия. Он также является автором и соавтором 18 патентов на изобретения.

Под руководством Георгия Ивановича выполнено и защищено 5 кандидатских диссертаций. В 2008 г. ему было присвоено научное звание профессора.

Георгий Иванович — великолепный педагог и талантливый лектор. Много лет он преподает на кафедре травматологии и ортопедии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова анатомию и биомеханику локтевого сустава, повреждения и последствия повреждений и заболевания локтевого сустава, эндопротезирование, ложные суставы. Студенты и ординаторы высоко ценят профессора Георгия Ивановича и отмечают практическую ценность его лекций, доступность изложения и современный уровень подачи материала.

Он по сей день участвует в операциях и передает свой богатый практический опыт молодому поколению травматологов-ортопедов.

## 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 фальсификации 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. Отзываемая статья помечается знаком «Статья рецензирована», 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.