

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

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ 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 23, № 3, 2017**

Индекс для подписки в агентстве «Роспечать» 15393

# 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** – канд. мед. наук, главный научный сотрудник  
(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  
(Научно-клинический центр охраны  
здоровья шахтеров, 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)

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

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

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

**Гржибовский А.М.** – д-р мед. наук, профессор  
(Национальный институт общественного здравоохранения  
Норвегии, Осло, Норвегия)

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

**Дулаев А.К.** – д-р мед. наук, профессор  
(Первый СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова,  
Санкт-Петербург, 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)

**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)

**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)

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

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

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

**Миронов С.П.** – академик РАН, д-р мед. наук, профессор  
(ЦИТО им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия)

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

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

**Норкин И.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(Саратовский НИИТО, 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)

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

**Садовой М.А.** – д-р мед. наук, профессор  
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна,  
Новосибирск, Россия)

**Серета 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.** – д-р мед. наук, профессор  
(Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна,  
Новосибирск, 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), в Российский индекс научного цитирования, 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.: 670-86-84; e-mail: journal@rniito.org

Редакторы **Колесникова И.В.**, **Кузнецова А.В.**

Технический редактор **Гаврилова С.В.**

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

SCIENTIFIC AND PRACTICAL 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  
of Healthcare Ministry of Russian Federation

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



**Vol. 23, N 3, 2017**

# 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** – Cand. 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

(Scientific and Clinical Center of Miners' Health,  
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 Orthopedic, St. Petersburg, Russia)

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

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

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

**Andrey M. Grijbovski** – Dr. Sci. (Med.), Professor

(Norwegian Institute of Public Health, Oslo, Norway)

**Aleksander V. Gubin** – Dr. Sci. (Med.) (Ilizarov Russian Scientific

Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia)

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

Petersburg State Medical University, St. Petersburg, 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)

**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)

**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)

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

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

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

**Sergey P. Mironov** – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member  
of Russian Academy of Sciences (Priorov Central Russian Research  
Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)

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

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

**Igor A. Norkin** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov Research  
Institute of Traumatology and Orthopedics, 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)

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

**Mikhail A. Sadovoy** – Dr. Sci. (Med.), Professor (Tsv'yan  
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics,  
Novosibirsk, Russia)

**Andrey P. Sereda** – Dr. Sci. (Med.) (Federal Research  
and Clinical Center of Medicine and Rehabilitation of Federal Medical  
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. Khominets** – 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  
(Tsv'yan Novosibirsk Research Institute of Traumatology  
and Orthopedics, Novosibirsk, 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 Orthopaedics 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, Acad. Baikova str., St. Petersburg, Russia 195427.

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

Editors: **I.V. Kolesnikova, A.V. Kuznetsova** Technical editor: **S.V. Gavrilova**

## СОДЕРЖАНИЕ

## КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<b>Банцер С.А., Трачук А.П., Богопольский О.Е., Тихилов Р.М., Сушков И.В., Мурга Е.Я.</b> Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки .....	7
<b>Смышляев И.А., Гильфанов С.И., Копылов В.А., Гильмутдинов Р.Г., Пулин А.А., Корсаков И.Н., Гильмутдинова И.Р., Петрикина А.П., Еремин П.С., Крючкова О.В., Абельцев В.П., Загородний Н.В., Зорин В.Л., Васильев В.С., Пупынин Д.Ю., Еремин И.И.</b> Оценка безопасности и эффективности внутрисуставного введения стромально-вазкулярной фракции жировой ткани для лечения гонартроза: промежуточные результаты клинического исследования .....	17
<b>Волков И.В., Карабаев И.Ш., Пташников Д.А., Коновалов Н.А., Поляков К.А.</b> Результаты трансфораминальной эндоскопической дискэктомии при грыжах межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника .....	32
<b>Тепленький М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С.</b> Хирургическое лечение детей с последствиями септического коксита .....	43
<b>Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Марченко И.В., Белых О.А., Найда Д.А.</b> Артроскопический шов больших и массивных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава: клинические результаты и данные МРТ .....	53
<b>Хоминец В.В., Кудяшев А.Л., Печкуров А.Л., Федотов А.О., Наниев С.О.</b> Сравнительный анализ результатов лечения пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С .....	69
<b>Кенис В.М., Степанова Ю.А.</b> Анализ причин неоптимального консервативного лечения врожденной косолапости у детей .....	80
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	
<b>Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А., Семенов С.Г., Бенин А.В.</b> Экспериментальное и теоретическое обоснование двухколонной теории остеосинтеза при переломах дистального отдела бедренной кости .....	86

<b>Степанов М.А., Антонов Н.И., Борзунов Д.Ю.</b> Экспериментальная апробация комбинированного остеосинтеза при удлинении бедренной кости .....	95
<b>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ</b>	
<b>Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К., Таката М., Цучия Х.</b> Новый способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей с использованием ортопедического гексапода (предварительное сообщение) .....	103
<b>Карякин Н.Н., Мальшев Е.Е., Горбатов Р.О., Ротич Д.К.</b> Эндопротезирование коленного сустава с применением индивидуальных направителей, созданных с помощью технологий 3D-печати .....	110
<b>СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ</b>	
<b>Микайлов И.М., Засульский Ф.Ю., Григорьев П.В., Дубровская М.В.</b> Хирургическое лечение метастатического поражения ключицы при семиоме (клиническое наблюдение) .....	119
<b>Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Суздалов В.А.</b> Пенетрация ребром позвоночного канала при сколиозе на почве нейрофиброматоза I типа (клинический случай и обзор литературы) .....	125
<b>ОБЗОРЫ</b>	
<b>Воробьев К.А., Божкова С.А., Тихилов Р.М., Черный А.Ж.</b> Современные способы обработки и стерилизации аллогенных костных тканей (обзор литературы) .....	134
<b>Анастасиева Е.А., Садовой М.А., Воропаева А.А., Кирилова И.А.</b> Использование ауто- и аллотрансплантатов для замещения костных дефектов при резекциях опухолей костей (обзор литературы) .....	148
<b>ЮБИЛЕИ</b>	
<b>Алексей Георгиевич Баиндурашвили</b> .....	156
<b>50 лет кафедре травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. акад. А.Ф. Краснова Самарского государственного медицинского университета</b> .....	158

## CONTENTS

## CLINICAL STUDIES

**Bantser S.A., Trachuk A.P., Bogopol'sky O.E., Tikhilov R.M., Sushkov I.V., Murga E.Ya.**

Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction..... 7

**Smyshlyaev I.A., Gilfanov S.I., Kopylov V.A., Gilmutdinov R.G., Pulin A.A., Korsakov I.N., Gilmutdinova I.R., Petrikina A.P., Eremin P.S., Kruchkova O.V., Abeltsev V.P., Zagorodniy N.V., Zorin V.L., Vasilyev V.S., Pupynin D.Yu., Eremin I.I.**

Safety and Effectiveness of Intraarticular Administration of Adipose-Derived Stromal Vascular Fraction for Treatment of Knee Articular Cartilage Degenerative Damage: Preliminary Results of a Clinical Trial ..... 17

**Volkov I.V., Karabaev I.Sh., Ptashnikov D.A., Konovalov N.A., Poyarkov K.A.**

Outcomes of Transforaminal Endoscopic Discectomy for Lumbosacral Disc Herniation ..... 32

**Teplenky M.P., Oleinikov E.V., Bunov V.S.**

Surgical Treatment of Children with Consequences of Infantile Septic Arthritis ..... 43

**Dokolin S.Yu., Kuz'mina V.I., Marchenko I.V., Belykh O.A., Naida D.A.**

Arthroscopic Repair of Large and Massive Rotator Cuff Tears: Clinical Outcomes and Postoperative MRI Findings ..... 53

**Khominets V.V., Kudyashev A.L., Pechkurov A.L., Fedotov A.O., Naniev S.O.**

Comparative Analysis of Treatment Outcomes in Patients with Types B and C Pylon Fractures ..... 69

**Kenis V.M., Stepanova Yu.A.**

Causes of Non-Optimal Conservative Treatment of Congenital Clubfoot in Children ..... 80

## THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES

**Belenky I.G., Sergeev G.D., Mayorov B.A., Semenov S.G., Benin A.V.**

Experimental and Theoretical Validation of Double Column Internal Fixation Theory for Distal Femoral Fractures..... 86

**Stepanov M.A., Antonov N.I., Borzunov D.Yu.**

Experimental Approval of Combined Fixation for Femur Lengthening ..... 95

## NEW TECHNIQUES IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

**Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K., Takata M., Tsuchiya H.**

The New Method of Long Bone Multilevel Deformities Correction Using the Orthopedic Hexapod (Preliminary Report) ..... 103

**Karyakin N.N., Malyshev E.E., Gorbatov R.O., Rotich G.K.**

3D Printing Technique for Patient-Specific Instrumentation in Total Knee Arthroplasty ..... 110

## CASE REPORTS

**Mikhailov I.M., Zaslusky Ph.Yu., Grigoriev P.V., Dubrovskaya M.V.**

Surgical Treatment of Seminoma Metastasis in Clavicle (Case Report) ..... 119

**Mikhaylovsky M.V., Novikov V.V., Vasyura A.S., Suzdalov V.A.**

Rib Penetration into the Spinal Canal in Cases of Scoliosis in Patients with Neurofibromatosis Type-1 (Case Report and Literature Review) ..... 125

## REVIEWS

**Vorobyov K.A., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M., Cherny A.Zh.**

Current Methods of Processing and Sterilization of Bone Allografts (Review of Literature) ..... 134

**Anastasiyeva E.A., Sadovoy M.A., Voropaeva A.A., Kirilova I.A.**

Reconstruction of Bone Defects after Tumor Resection by Auto- and Allografts (Review of Literature) ..... 148

## JUBILEES

**Aleksey G. Baidurashvili** ..... 156

**50<sup>th</sup> Anniversary of the Department of Traumatology, Orthopedic and Extreme Surgery at Samara State Medical University** ..... 158

# Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки

С.А. Банцер<sup>1</sup>, А.П. Трачук<sup>1</sup>, О.Е. Богопольский<sup>1</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1, 2</sup>,  
И.В. Сушков<sup>1</sup>, Е.Я. Мурга<sup>1</sup>

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

Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»

Минздрава России

Ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, 191015, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — определить локализацию костных туннелей после реконструкции передней крестообразной связки (ПКС) с применением транстибиальной техники и оценить влияние их положения на клинические результаты лечения.

**Материал и методы.** Было проведено клинико-лучевое обследование 54 пациентов в сроки от 25 до 57 нед. после транстибиальной реконструкции ПКС с использованием трансплантата из сухожилий подколенных мышц. Состоятельность трансплантата ПКС оценивали по данным магнитно-резонансной томографии. Локализацию костных туннелей определяли методом компьютерной томографии с трехмерной реконструкцией. Для субъективной оценки результатов оперативного лечения использовали шкалы-опросники IKDC-2000, KOOS и Lysholm. Для оценки переднезаднего и ротационного смещения голени относительно бедра проводили мануальные тесты «переднего выдвижного ящика», Лахмана и pivot-shift, а также выполняли артродетрию коленного сустава. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от положения центра бедренного туннеля по отношению к латеральному межмышечковому гребню (ЛМГ). К 1-й группе были отнесены пациенты, у которых центр бедренного туннеля располагался впереди от ЛМГ, ко 2-й группе — в зоне ЛМГ.

**Результаты.** По данным КТ было выявлено, что большеберцовый туннель у пациентов обеих групп располагался в пределах средней или задней трети зоны прикрепления ПКС. Центр бедренного туннеля у 32 больных (59%) был расположен впереди и вне зоны ЛМГ (1-я группа), у остальных 32 (41%) — в проксимальной части ЛМГ (2-я группа). При субъективной оценке по шкалам-опросникам более высокие показатели были выявлены по шкале Lysholm. При объективном обследовании были обнаружены статистически значимые различия между группами. Так, в 1-й группе у 78% пациентов выявились положительные результаты мануальных тестов первой или второй степени, тогда как во 2-й группе аналогичные симптомы определялись лишь у 32% больных. По данным итоговой оценки IKDC-2000, к категории А были отнесены 19% пациентов из 1-й группы и 64% из 2-й, остальные больные обеих групп соответствовали категориям В или С.

**Заключение.** Транстибиальная техника реконструкции ПКС с использованием трансплантата из сухожилий подколенных мышц у большинства пациентов не позволяет расположить бедренный туннель в анатомической зоне прикрепления. При этом положение костных туннелей оказывает значительное влияние на стабильность коленного сустава.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка, стабильность коленного сустава, артроскопия коленного сустава.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

Банцер С.А., Трачук А.П., Богопольский О.Е., Тихилов Р.М., Сушков И.В., Мурга Е.Я. Влияние положения туннелей на результаты транстибиальной реконструкции передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):7-16. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

**Cite as:** Bantser S.A., Trachuk A.P., O.E. Bogopol'sky, Tikhilov R.M., Sushkov I.V., Murga E.Ya. [Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):7-16. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

Банцер Сергей Александрович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Sergei A. Bantser. 41, Kirochnaya ul., St. Petersburg, 191015, Russian Federation; e-mail: sergeibantser@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 26.06.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 18.08.2017.

# Effect of Bone Tunnels Positioning on Outcomes of Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

S.A. Bantser<sup>1</sup>, A.P. Trachuk<sup>1</sup>, O.E. Bogopol'sky<sup>1</sup>, R.M. Tikhilov<sup>1,2</sup>,  
I.V. Sushkov<sup>1</sup>, E.Ya. Murga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation

<sup>2</sup> Mechnikov North-Western State Medical University  
41, Kirochnaya ul., St. Petersburg, 191015, Russian Federation

## Abstract

*Purpose of the study* – to evaluate position of bone tunnels after transtibial anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) and to determine the relationship of outcomes on their localization.

*Material and methods.* 54 patients in follow up from 25 to 57 months after transtibial ACLR with hamstring tendons. In all patients was performed magnetic resonance imaging (MRI) to evaluate structure of graft. Bone tunnels localization was determined by computed tomography with three-dimensional reconstruction. Subjective score evaluation was performing by scales IKDC-2000, KOOS, Lysholm. Knee laxity was measured by anterior drawer, Lachman, pivot-shift tests and with arthrometr. Patient was separated in groups depending on the localization of the femoral tunnel for lateral intercondylar ridge (1 group – center of femoral tunnel in front of the LIR, 2 group – in zone of the LIR).

*Results.* Tibial tunnel position in both groups of patients was the same and localized in central or back third of the footprint. The center of femoral tunnel in 32 patients (59%) was localized in front of the LIR (1 group), in other 22 (41%) – in proximal part of LIR (2 group). Clinical results show statistically significant differences between groups in knee stability and IKDC-2000. In 1 group 78% patients have knee instability grade 1 or 2, while in 2 group similar symptoms was in 32% patients. IKDC-2000 grade A were attributed 19% patients from 1 group and 64% from 2 group, rest of them was grade B or C.

*Conclusions.* Transtibial anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons in most patients did not allow anatomical femoral tunnel placement. Clinical outcomes were much affected by the localization of bone tunnels.

**Keywords:** anterior cruciate ligament, knee stability, knee arthroscopy.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-7-16.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Формирование костных туннелей в зонах прикрепления передней крестообразной связки (ПКС) является основным условием успеха ее реконструкции [1–4]. На сегодняшний день транстибиальная техника формирования костных туннелей широко используется хирургами [5–7]. Однако многие авторы указывают на то, что эта техника не всегда позволяет разместить трансплантат в зонах прикрепления ПКС [8–10]. В результате формируется вертикальное положение трансплантата, что не позволяет полноценно восстановить биомеханику коленного сустава [11]. У значительной части пациентов сохраняется остаточная нестабильность коленного сустава, которая способствует развитию посттравматического остеоартроза [12–14].

Для повышения точности позиционирования костных туннелей и улучшения клинических результатов многие хирурги стали использовать технику независимого сверления туннелей [2, 3], а некоторые исследователи предложили усовершенствовать транстибиальную технику путем более косо направления большеберцового туннеля [15–17]. Преимущества техник

независимого сверления туннелей обоснованы в основном в экспериментальных анатомо-био-механических исследованиях. Однако сравнительный анализ клинических исходов не показывает существенных различий [18, 19]. Поэтому в 2015 г. Американская академия хирургов-ортопедов признала, что для восстановления ПКС хирург может использовать как независимый, так и транстибиальный доступ для формирования бедренного туннеля [20].

**Цель исследования** – определить локализацию костных туннелей после транстибиальной техники реконструкции ПКС и оценить влияние их положения на клинические результаты.

## Материал и методы

Было проведено клиничко-лучевое обследование 54 пациентов, прооперированных в период с 2012 по 2014 г. с использованием транстибиальной техники реконструкции ПКС. Среди обследуемых было 44 (81%) мужчины и 10 (19%) женщин в возрасте от 19 до 44 лет (средний возраст – 28,5±0,8 лет). Период наблюдения после

операции составлял от 25 до 57 мес. (в среднем  $41,1 \pm 1,0$  мес.). Характеристика пациентов представлена в таблице 1.

В исследуемую выборку включали пациентов с неповрежденным структурно-оформленным трансплантатом ПКС.

Критериями исключения из исследования были множественные повреждения связок, выраженный остеоартроз, послеоперационные инфекционные осложнения и повторные травмы с полными разрывами трансплантата.

**Хирургическая техника.** В положении пациента на спине из стандартных артроскопических доступов производили удаление остатков ПКС, а также резекцию поврежденных участков менисков. Затем из косого разреза длиной 4–5 см выделяли сухожилия полусухожильной и нежной мышц, из которых формировали счетверенный ауто трансплантат диаметром от 7 до 9 мм. С использованием большеберцового направителя ACUFEX DIRECTOR Drill Guide (Smith & Nephew) проводили ориентирующую спицу в медиальном мыщелке большеберцовой кости под углом  $55^\circ$  в сагиттальной плоскости

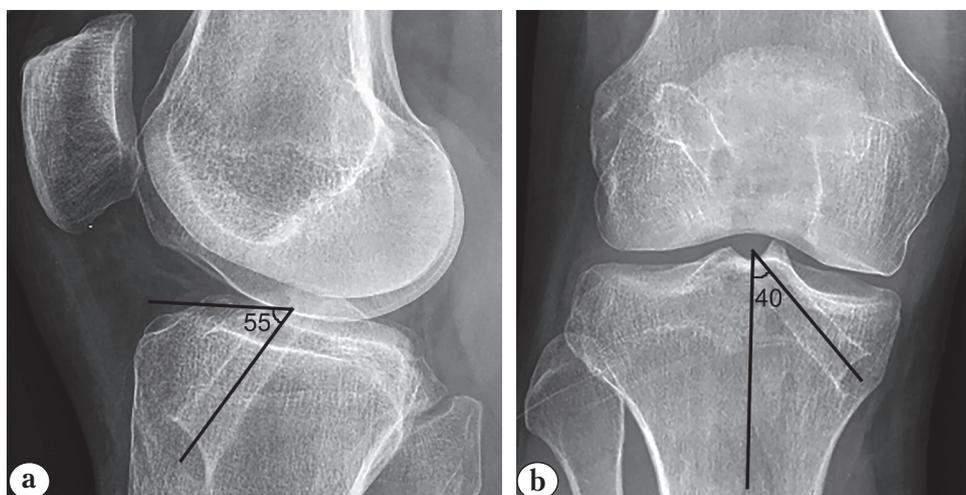
(рис. 1 а) и под углом  $40^\circ$  во фронтальной плоскости (рис. 1 б). Сверлом соответствующего диаметра формировали туннель, через который за задне-верхний край латерального мыщелка бедренной кости (ЛМБК) устанавливали направитель Endoscopic Femoral Aimer Arm (Smith & Nephew) с выносом 5 мм, ориентируя его в максимально возможном косом положении примерно на 10 ч 30 мин (13 ч 30 мин) условного циферблата. По направляющей спице сверлом соответствующего диаметра формировали костный туннель в ЛМБК. Затем трансплантат фиксировали в бедренном туннеле при помощи биодеградируемых штифтов RigidFix (DePuy Mitek) и в большеберцовом туннеле с использованием интерферентного биодеградируемого винта Milagro (DePuy Mitek).

**Клиническое обследование.** Осмотр пациентов проводили в очной форме в сроки от 25 до 57 мес. после оперативного лечения (в среднем через  $41,1 \pm 1,0$  мес.). Для субъективной оценки результатов оперативного лечения использовали шкалы-опросники IKDC-2000, KOOS и Lysholm.

Таблица 1/ Table 1

**Характеристика пациентов  
Patient demographics**

Признак	1-я группа	2-я группа	<i>p</i>
Количество	32	22	—
Пол	Мужчины — 26 Женщины — 6	Мужчины — 18 Женщины — 4	—
Возраст, лет	$27,7 \pm 0,9$	$29,8 \pm 1,3$	0,180
Период наблюдения, мес.	$41,2 \pm 1,2$	$41,0 \pm 1,0$	0,904
Диаметр трансплантата, мм	$7,7 \pm 0,1$	$7,8 \pm 0,1$	0,460



**Рис. 1.** Послеоперационные рентгенограммы коленного сустава: большеберцовый костный туннель, сформированный под углом  $55^\circ$  в сагиттальной плоскости (а) и под углом  $40^\circ$  во фронтальной плоскости (б)

**Fig. 1.** Postop knee X-ray: tibial bone tunnel at  $55^\circ$  in the sagittal plane (a) and at  $40^\circ$  in the frontal plane (b)

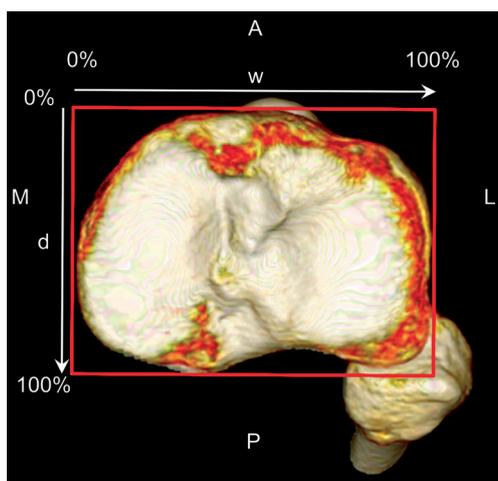
Переднее смещение голени относительно бедра определяли при помощи мануальных тестов «переднего выдвигающего ящика» и Лахмана. Количественное измерение переднего смещения голени относительно бедра проводили с использованием артрометра (патент на изобретение № 2336816 от 23.11.2006) при сгибании в коленном суставе под углом  $25^\circ$  и максимальном мануальном усилии. Ротационное смещение голени относительно бедра оценивали с помощью теста pivot-shift. Все исследования проводили в сравнении с неповрежденным коленным суставом.

**Оценка трансплантата ПКС.** Для определения целостности и структурных особенностей трансплантата ПКС анализировали данные магнитно-резонансной томографии (МРТ) коленного сустава на сверхвысокопольном аппарате Siemens Verio 3,0 Тесла. Исследование выполняли в сагиттальной (T2 TSE, PD+FS TSE режимах), косо-сагиттальной (T2 TSE), фронтальной (PD+FS TSE) и косо-аксиальной (T2 TSE) проекциях. В исследуемую выборку включали пациентов с неповрежденным структурно-оформленным трансплантатом ПКС.

**Оценка положения костных туннелей.** Для определения локализации костных туннелей выполняли компьютерную томографию коленного сустава на аппарате Toshiba Aquilion Prime (64 среза) с последующей трехмерной реконструкцией и обработкой результатов в программе OsiriX MD 7.0.

Положение центра большеберцового туннеля рассчитывали по методу анатомических координатных осей в процентах [21] (рис. 2).

После получения строгой боковой проекции внутренней поверхности ЛМБК в положении сгибания в коленном суставе под углом  $90^\circ$  оценивали положение центра бедренного туннеля относительно латерального межмышцелкового гребня (ЛМГ), который является передней границей прикрепления ПКС на бедренной кости [22]. Поскольку полученные томограммы не позволяли нам четко визуализировать ЛМГ, мы размечали его границы путем построения перпендикуляра на расстоянии от 7 до 10 мм от хряща заднего края медиальной поверхности ЛМБК (рис. 3), что соответствует известным данным о его топографии [23, 24].



**Рис. 2.** Расчет положения большеберцового туннеля методом анатомических координатных осей:

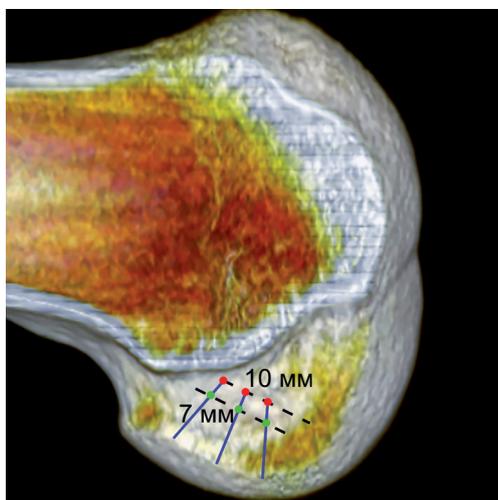
ось  $d$  – линия, начинающаяся от переднего и заканчивающаяся у заднего края плато большеберцовой кости;

ось  $w$  – линия, начинающаяся от медиального и заканчивающаяся у латерального края плато большеберцовой кости

**Fig. 2.** Estimation of tibial tunnel positioning by the anatomic coordinate axes:

axis  $d$  – line starts from the anterior border and ends at the posterior border of tibial plateau;

axis  $w$  – line starts from the medial border and ends at the lateral border of tibial plateau



**Рис. 3.** Разметка положения ЛМГ: задней границы (зеленые точки) на расстоянии 7 мм и передней границы (красные точки) на расстоянии 10 мм от хряща заднего края медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости

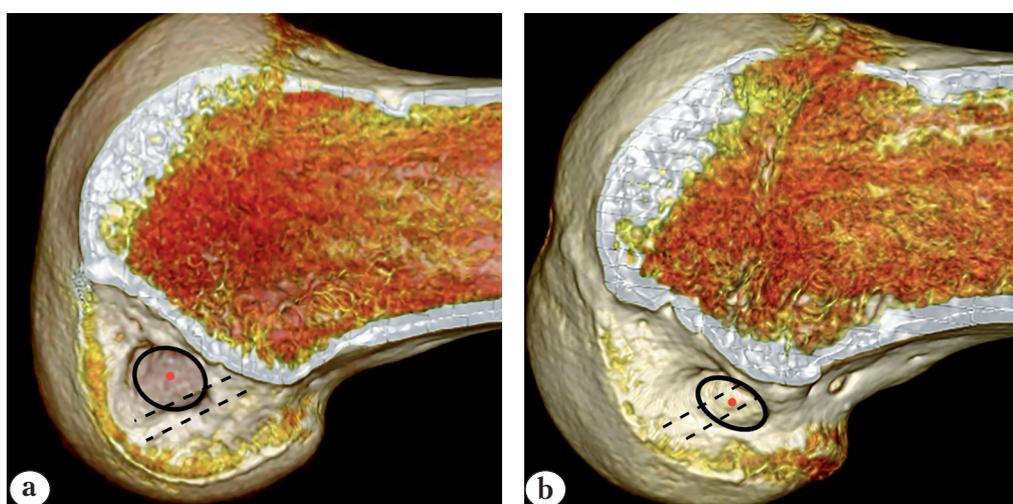
**Fig. 3.** Marking of LIC position: posterior edge (green dots) located at distance of 7 mm and anterior edge (red dots) located at distance of 10 mm from the cartilage of the posterior margin of the lateral femoral condyle

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от положения центра бедренного туннеля по отношению к ЛМГ. К 1-й группе относили пациентов, у которых центр бедренного туннеля располагался кпереди и вне зоны ЛМГ (рис. 4а). Во 2-ю группу включали больных, у которых центр бедренного туннеля был в зоне ЛМГ (рис. 4б)

Для количественного определения локализации бедренного туннеля использовали квадрантный метод Бернарда и Хертеля [25] (рис. 5).

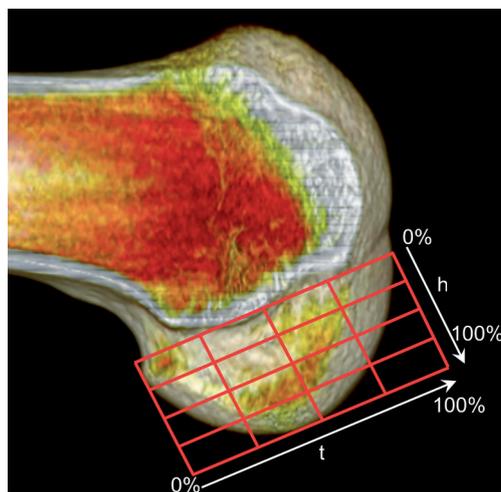
*Статистический анализ.* Полученные в процессе исследования клинические результаты

обрабатывали с использованием программы STATISTICA 10. Частотные характеристики качественных показателей сравнивали с использованием непараметрических методов  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  с поправкой Йетса (для малых групп) и критерия Фишера. Для анализа количественных параметров в исследуемых группах применяли критерии Манна – Уитни, медианный хи-квадрат и модуль ANOVA. Оценку изучаемых показателей в динамике проводили с помощью критерия знаков и критерия Вилкоксона. Критерием статистической значимости получаемых выводов мы считали общепринятую в медицине величину  $p < 0,05$ .



**Рис. 4.** Положение центра бедренного туннеля кпереди от ЛМГ (а), в зоне ЛМГ (б)

**Fig. 4.** Femoral tunnel positioning in front of LIC (a), in zone of LIC (b)



**Рис. 5.** Оценка локализации бедренного туннеля с использованием квадрантного метода Бернарда и Хертеля (при сгибании в коленном суставе под углом 90°):

ось  $t$  – линия, проведенная параллельно линии Blumensaatt, начинающаяся от заднего и заканчивающаяся у переднего края латерального мыщелка бедренной кости;  
ось  $h$  – линия, проведенная перпендикулярно линии Blumensaatt, начинающаяся от крыши межмыщелковой вырезки и заканчивающаяся у нижнего края латерального мыщелка бедренной кости

**Fig. 5.** Femoral tunnel positioning by the Bernard and Hertel quadrant method (90° of knee flexion):

axis  $t$  – line parallel to the Blumensaatt line, starts from the posterior margin and ends at the anterior margin of the lateral femoral condyle;  
axis  $h$  – line perpendicular to the Blumensaatt line, starts from the roof of the intercondylar notch and ends at the inferior margin of the lateral femoral condyle

## Результаты

По данным КТ, при оценке большеберцового туннеля методом анатомических координатных осей, его центр у пациентов 1-й группы располагался в  $46,5 \pm 1,0\%$  от переднего края плато по оси  $d$  и в  $45,6 \pm 0,3\%$  от медиального края плато по оси  $w$ . У пациентов 2-й группы большеберцовый туннель располагался в  $46,4 \pm 1,1\%$  от переднего края плато по оси  $d$  и в  $45,2 \pm 0,4\%$  от медиального края плато по оси  $w$ . Статистический анализ не выявил значимых различий между группами в положении большеберцового туннеля. В соответствии с известными данными о локализации зоны прикрепления ПКС, практически у всех пациентов центр большеберцового туннеля был в пределах средней или задней ее трети [21, 26].

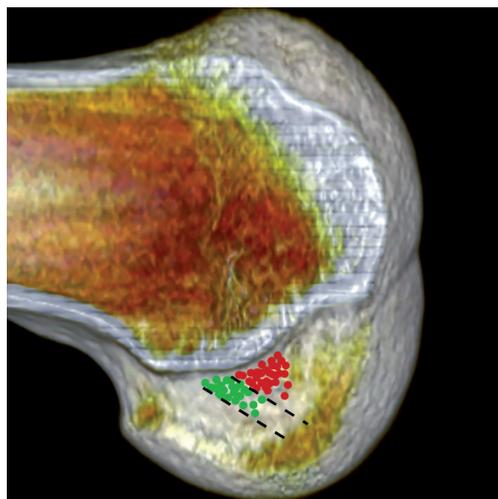
Центр бедренного туннеля у 32 (59%) пациентов был расположен кпереди и вне зоны ЛМГ (1-я группа), у остальных 22 (41%) пациентов — в проксимальной части ЛМГ (2-я группа). В исследуемых группах нам не удалось обнаружить ни одного пациента, у которого центр бедренно-

го туннеля был бы позади ЛМГ. Локализация центров бедренных туннелей по отношению к ЛМГ представлена на рисунке 6.

При статистическом анализе были выявлены значимые различия в локализации бедренного туннеля. Так, в 1-й группе расстояние от хряща заднего края медиальной поверхности ЛМБК до центра бедренного туннеля было  $13,1 \pm 0,7$  мм, тогда как во 2-й группе —  $9,2 \pm 0,4$  мм. При оценке положения бедренного туннеля с использованием квадрантного метода было выявлено, что у пациентов 1-й группы он располагался в  $43,4 \pm 0,6\%$  от заднего края ЛМБК по оси  $t$  и в  $14,8 \pm 0,9\%$  от верхнего края медиальной поверхности ЛМБК по оси  $h$ . Во 2-й группе центр бедренного туннеля находился в  $34,4 \pm 0,8\%$  от заднего края ЛМБК по оси  $t$  и в  $17,8 \pm 0,8\%$  от верхнего края медиальной поверхности ЛМБК по оси  $h$ .

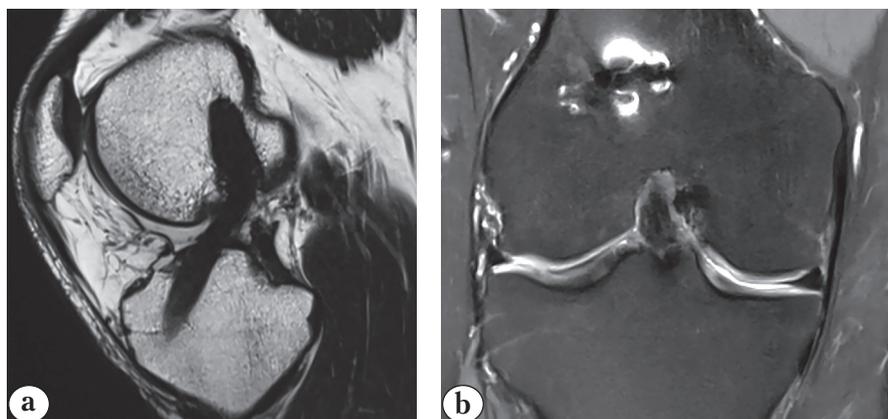
По результатам анализа МР-томограмм у пациентов обеих групп визуализировали однородный, зрелый, структурно-оформленный трансплантат ПКС без признаков повреждения (рис. 7).

Клиническую часть исследования проводили в сроки от 25 до 57 мес. после операции (в среднем через  $41,1 \pm 1,0$  мес.), используя известные функциональные шкалы-опросники IKDC-2000, KOOS и Lysholm. Более высокие субъективные результаты операции были выявлены у пациентов 2-й группы, однако статистически значимыми они оказались только по шкале Lysholm. Результаты оперативного лечения по данным шкал-опросников представлены в таблице 2.



**Рис. 6.** Положение центров бедренных туннелей (красные точки — 1-я группа пациентов, зеленые — 2-я группа)

**Fig. 6.** Positioning of centers of femoral tunnels (red dots — 1st group, green dots — 2nd group)



**Рис. 7.** МР-томограмма неповрежденного и структурно-оформленного трансплантата ПКС в косо-сагиттальной (а) и фронтальной (б) проекциях

**Fig. 7.** MRI of the intact and structured ACL graft in sagittal-oblique (a) and in coronal (b) views

В 1-й группе мануальные тесты «переднего выдвижного ящика» и Лахмана были отрицательными у 10 пациентов (31%), первая степень была выявлена у 15 (47%) пациентов, вторая степень — в остальных 7 (22%) случаях. Во 2-й группе тесты были отрицательными у 15 (68%) пациентов, первая степень была выявлена у 6 (27%) пациентов, вторая степень была определена в 1 случае (5%). По результатам артрометрии коленного сустава было выявлено увеличение переднего смещения голени относительно бедра на  $2,4 \pm 0,4$  мм по сравнению со здоровой стороной у пациентов в 1-й группе и на  $1,2 \pm 0,3$  мм во 2-й группе. В 1-й группе pivot-shift тест был отрицательным у 7 (22%) пациентов, первая степень была обна-

ружена у 15 (47%) пациентов, вторая степень — в остальных 10 (31%) случаях. Во 2-й группе pivot-shift тест был отрицательным у 15 (68%) пациентов, первая степень присутствовала у 5 (23%) пациентов, вторая степень — в 2 (9%) случаях. Результаты мануальных тестов оценки ПКС представлены на рисунке 8.

По данным функциональной шкалы оценки коленного сустава IKDC-2000, среди пациентов 1-й группы к категории А (норма) были отнесены 6 (19%) больных, к В (близко к норме) — 16 (50%), к категории С (плохо) — 10 (31%). Среди пациентов 2-й группы к категории А были отнесены 14 (64%) больных, к категории В — 6 (27%), к категории С — 2 (9%) (рис. 9).

Таблица 2/ Table 2

**Субъективная оценка результатов оперативного лечения**  
**Subjective assessment of surgical treatment results**

Шкала	Подшкала	1-я группа, n = 32	2-я группа, n = 22	p
IKDC	—	86,7±1,6 (63,2–100)	91,2±1,6 (73,6–100)	0,062
Lysholm	—	89,6±1,2 (79–100)	95,3±1,4 (75–100)	<0,05
KOOS	Боль	94,5±1,1 (78–100)	97,3±0,9 (86–100)	0,061
	Симптомы	91,2±1,4 (68–100)	91,8±1,8 (68–100)	0,789
	Функция в быту	98,2±0,6 (89–100)	99,0±0,5 (90–100)	0,305
	Спорт	87,5±2,0 (65–100)	91,6±2,8 (55–100)	0,229
	Качество жизни	76,7±3,0 (44–100)	83,7±3,2 (44–100)	0,125

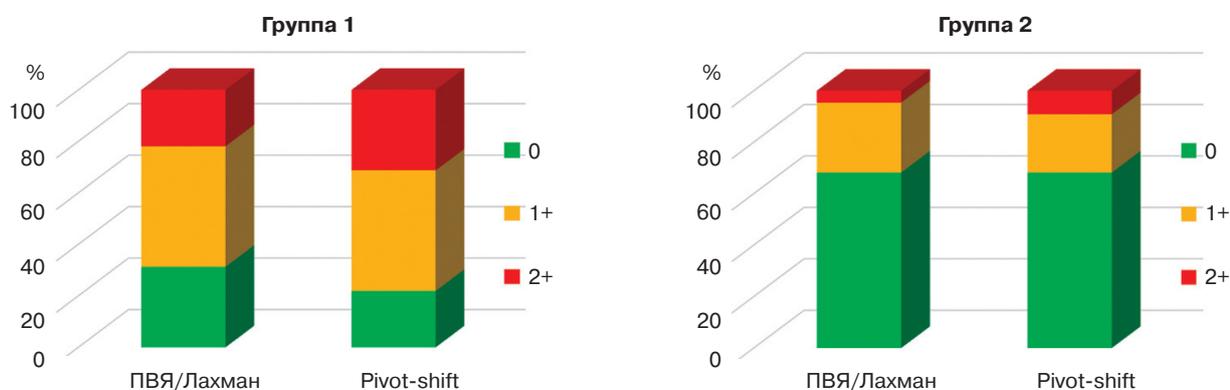


Рис. 8. Результаты мануальных тестов оценки ПКС в двух группах пациентов,  $p < 0,05$

Fig. 8. Evaluation of the knee stability with Lachman test and Pivot Shift Test (a — group 1, b — group 2),  $p < 0,05$

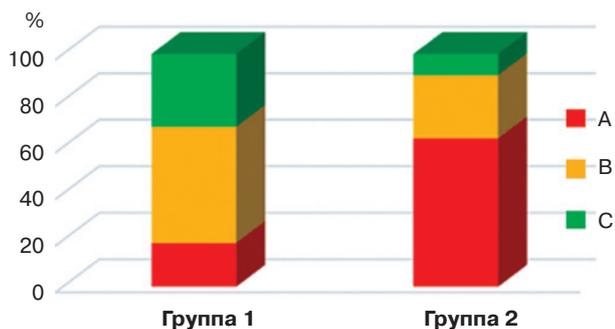


Рис. 9. Различия между группами по результатам функциональной шкалы оценки коленного сустава IKDC-2000,  $p < 0,05$

Fig. 9. Differences between the groups by the IKDC-2000 knee examination,  $p < 0,05$

## Обсуждение

Транстибиальная техника формирования костных туннелей с использованием сухожилий подколенных мышц до настоящего времени остается в арсенале многих хирургов, поскольку она относительно проста технически, а также позволяет сократить операционное время [1, 27, 28]. Однако эта техника нередко приводит к неанатомичному (вертикальному) размещению трансплантата ПКС, что проявляется большой долей пациентов с признаками остаточной ротационной нестабильности коленного сустава [11, 13, 14]. В то же время, по мнению некоторых авторов, более косое положение большеберцового туннеля или использование трансплантатов больших диаметров может способствовать размещению костных туннелей в изометрической части зоны прикрепления ПКС [8, 15–17].

Переход к техникам независимого сверления туннелей должен был обеспечить более точное размещение трансплантата ПКС в зонах прикрепления и, следовательно, улучшить качество клинических исходов. Преимущества независимых техник формирования туннелей были доказаны в основном кадаверными испытаниями [4, 18, 29]. Однако изучение клинических результатов не позволило выявить значимых различий в исходах после транстибиальной и независимых техник реконструкции ПКС [5, 20, 30]. В связи с этим отсутствует единое мнение об оптимальном способе формирования костных туннелей [31].

Критерием включения в исследование было отсутствие признаков повреждения трансплантата ПКС по данным МРТ. Таким образом, мы имели возможность оценивать функцию сухожильного трансплантата в зависимости от его положения.

Проведенный в результате нашего исследования анализ свидетельствует, что транстибиальная техника обеспечивает положение большеберцового туннеля в пределах центральной или задней части зоны прикрепления ПКС. Эти результаты соответствуют исследованиям других авторов [10, 14, 15].

При анализе локализации бедренного туннеля нами были выявлены существенные различия, что повлияло на распределение пациентов на группы сравнения. Использование рациональной транстибиальной техники позволило лишь у части больных (41%) добиться размещения бедренного туннеля в зоне ЛМГ, что лишь частично соответствовало зоне прикрепления ПКС, тогда как у остальных 59% он был вне анатомического места. Передняя часть туннеля на бедре всегда находилась кпереди от края ЛМГ, т.е. вне проекции зоны прикрепления ПКС. У пациентов

2-й группы бедренный туннель был расположен в проксимальной части ЛМГ (проекция переднемедиального пучка ПКС), что соответствовало изометричной позиции трансплантата. При этом в качестве материала для реконструкции ПКС нами использовался трансплантат из сухожилий подколенных мышц, который имел диаметр от 7 мм до 9 мм. В 2016 г. S. Bhatia с соавторами на основании кадаверного исследования сделали вывод, что транстибиальная техника позволяет разместить бедренный туннель в зоне прикрепления ПКС лишь при использовании сверла диаметром не менее 9 мм [8].

Позиция туннелей в средней или задней трети зоны прикрепления ПКС на большеберцовой и в проксимальной части бедренной кости приводила к вертикальному положению трансплантата. При этом, по данным других авторов, вертикальное положение трансплантата обеспечивает худшую ротационную стабильность коленного сустава [13, 14]. По данным литературы, у 20–50% пациентов в отдаленные сроки после транстибиальной реконструкции ПКС с использованием сухожилий подколенных мышц выявляется остаточная нестабильность коленного сустава [32, 33]. В нашем исследовании отрицательные результаты мануальных тестов оценки ПКС были лишь у 22 (41%) пациентов из 54, тогда как у остальных 32 (59%) пациентов были выявлены положительные результаты тестов первой или второй степени. При этом различия в положении бедренного туннеля оказывали значимое влияние на среднесрочные результаты оперативного лечения. В случаях локализации бедренного туннеля в зоне ЛМГ были получены более высокие субъективные оценки. По результатам проведенных мануальных и инструментальных тестов, в случаях когда бедренный туннель был расположен кпереди от ЛМГ, чаще выявлялись симптомы нестабильности коленного сустава (78%), тогда как при его локализации в зоне ЛМГ — лишь у 32% пациентов. E.E. Khalfayan с соавторами в 1996 г. показали, что положение бедренного туннеля на расстоянии 60% и более от переднего края ЛМБК параллельно линии Blumensaat обеспечивало лучшие клинические результаты после транстибиальной реконструкции ПКС [12].

## Заключение

Транстибиальная техника с использованием аутотрансплантата из сухожилий подколенных мышц не позволяет расположить бедренный туннель в зоне проекции прикрепления ПКС более чем у половины пациентов, что в среднесрочном периоде приводит к развитию симптомов неста-

бильности коленного сустава. Для более точного размещения костных туннелей в зоне прикрепления ПКС целесообразно использовать технику их независимого формирования.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Хоминец В.В., Рикун О.В., Шаповалов В.М., Абрамов Г.Г., Гамолин С.В., Гладков Р.В., Федоров Р.А., Шкарупа А.В. Ревизионные реконструкции передней крестообразной связки при переднелатеральной ротационной нестабильности коленного сустава у военнослужащих. *Военно-медицинский журнал*. 2016;(6):24-29. Khominets V.V., Rikun O.V., Shapovalov V.M., Abramov G.G., Gamolin S.V., Gladkov R.V., Fedorov R.A., Shkarupa A.V. [Revision anterior cruciate ligament of knee reconstruction in case of anterolateral rotation knee instability in servicemen]. *Voенно-meditsinskiy zhurnal [Military Medical Journal]*. 2016;(6):24-29.
2. Fu F.H., van Eck C.F., Tashman S., Irrgang J.J., Moreland M.S. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a changing paradigm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(3):640-648. DOI: 10.1007/s00167-014-3209-9.
3. Martins C.A.Q., Kropf E.J., Shen W., van Eck C.F., Fu F.H. The concept of anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Oper Tech Sports Med.* 2008;16(3):104-115. DOI: 10.1053/j.otsm.2008.10.008.
4. Muller B., Duerr E.R.H., van Dijk C.N., Fu F.H. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction reducing anterior tibial subluxation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(9):3005-3010. DOI: 10.1007/s00167-015-3612-x.
5. Altermann-Geli E., Lajara F., Samitier G., Cugat R. The transtibial versus the anteromedial portal technique in the arthroscopic bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(8):1013-1037. DOI: 10.1007/s00167-009-0964-0.
6. Chechik O., Amar E., Khashan M., Lador N., Eyal G., Gold A. An international survey on anterior cruciate ligament reconstruction practices. *Int Orthop.* 2013;37(2):201-207. DOI: 10.1007/s00264-012-1611-9.
7. Diquin T.R., Wind M.W., Finesberg M.S., Smolinski R.J., Buyea C.M. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg.* 2009;22(1):7-12.
8. Bhatia S., Korth K., van Thiel G.S., Frank R.M., Gupta D., Cole B.J., Bach B.R., Verma N.N. Effect of tibial tunnel diameter on femoral tunnel placement in transtibial single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(1):51-57. DOI: 10.1007/s00167-014-3307-8.
9. Gadikota H.R., Sim J.A., Hosseini A., Gill T.J., Li G. The relationship between femoral tunnels created by the transtibial, anteromedial portal, and outside-in techniques and the anterior cruciate ligament footprint. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):882-888. DOI: 10.1177/0363546511434276.
10. Kopf S., Forsythe B., Wong A.K., Tashman S., Andrest W., Irrgang J.J., Fu F.H. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(6):1427-1431. DOI: 10.2106/JBJS.I.00655.
11. Ahn J.H., Lee S.H., Yoo J.C., Ha H.C. Measurement of the graft angles for the anterior cruciate ligament reconstruction with transtibial technique using postoperative magnetic resonance imaging in comparative study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;(15):1293-1300. DOI: 10.1007/s00167-007-0389-6.
12. Khalfayan E.E., Sharkey P.F., Alexander A.H., Bruckner J.D., Bynum E.D. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1996;24(3):335-341.
13. Lee M.C., Seong S.C., Lee S., Chang C.B., Park Y.K., Jo H., Kim C.H. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2007;23(7):771-778. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.04.016.
14. Strauss E.J., Barker J.U., McGill K., Cole B.J., Bach B.R., Verma N.N. Can anatomic femoral tunnel placement be achieved using a transtibial technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1263-1269. DOI: 10.1177/0363546510395488.
15. Gougoulas N., Khanna A., Griffiths D., Maffulli N. ACL reconstruction: can the transtibial technique achieve optimal tunnel positioning? A radiographic study. *Knee.* 2008;15(6):486-490. DOI: 10.1016/j.knee.2008.07.006.
16. Lee J.K., Lee S., Seong S.C., Lee M.C. Anatomic single-bundle ACL reconstruction is possible with use of the modified transtibial technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(8):664-672. DOI: 10.2106/JBJS.M.00088.
17. Rue J.P.H., Ghodadra N., Bach B.R. Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2008;36(1):73-79. DOI: 10.1177/0363546507311093.
18. Sim J.A., Gadikota H.R., Li J.S. Biomechanical evaluation of knee joint laxities and graft forces after anterior cruciate ligament reconstruction by anteromedial portal, outside-in, and transtibial techniques. *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2604-2610. DOI: 10.1177/0363546511420810.
19. Youm Y.S., Cho S.D., Lee S.H., Youn C.H. Modified transtibial versus anteromedial portal technique in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of femoral tunnel position and clinical results. *Am J Sports Med.* 2014;42(12):2941-2948. DOI: 10.1177/0363546514551922.
20. Shea K.G., Carey J.L., Richmond J., Sandmeier R., Pitts R.T., Polousky J.D., Chu C., Shultz S.J., Ellen M., Smith A., LaBella C.R., Anderson A.F., Musahl V., Myer G.D., Jevsevar D., Bozic K.J., Shaffer W., Cummins D., Murray J.N., Patel N., Shores P., Woznica A., Martinez Y., Gross L., Sevarino K. Management of anterior cruciate ligament injuries. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(8):672-676. DOI: 10.2106/JBJS.N.01257.
21. Tsukada H., Ishibashi Y., Tsuda E., Fukuda A., Toh S. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Orthop Sci.* 2008;13(2):122-129. DOI: 10.1007/s00776-007-1203-5.
22. Feretti M., Ekdahl M., Shen W., Fu F.H. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1218-1225. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.09.008.
23. Сучилин И.А., Маланин Д.А., Краюшкин А.И., Черезов Л.Л., Грунин С.В. Анатомические ориентиры межмышечковой ямки бедренной кости при пластике передней крестообразной связки. *Вестник ВолГМУ.* 2012;42(2):63-65. Suchilin I.A., Malanin D.A., Krayushkin A.I., Cherezov L.L., Grunin S.V. [Anatomical landmarks of the

- femoral intercondylar space in anterior cruciate ligament reconstruction]. *Vestnik VolgSMU* [Journal of VolgSMU]. 2012;42(2):63-65.
24. Iwahashi T., Shino K., Nakata K., Otsubo H., Suzuki T., Amano H., Nakamura N. Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. *Arthroscopy*. 2010;26(9):13-20. DOI: 10.1016/j.arthro.2010.01.023.
  25. Bernard M., Hertel P., Hornung H., Cierpinski T. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg*. 1997;10(1):14-22.
  26. Маланин Д.А., Демешенко М.В., Краюшкин А.И., Сучилин И.А., Черезов Л.Л. Область большеберцового прикрепления передней крестообразной связки с позиций хирургической анатомии. *Вестник ВолгГМУ*. 2015;53(1):43-46. Malanin D.A., Demeshchenko M.V., Krayushkin A.I., Suchilin I.A., Cherezov L.L. [Area of the tibial attachment of the anterior cruciate ligament from the perspective of surgical anatomy]. *Vestnik VolgSMU* [Journal of VolgSMU]. 2015;53(1):43-46.
  27. Кавалерский Г.М., Ченский А.Д., Сорокин А.А., Сухарева А.Г. Современные аспекты артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2014;(1):10-14. Kavalerskiĭ G.M., Chenskii A.D., Sorokin A.A., Sukhareva A.G. [Modern aspects of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction]. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [The Department of Traumatology and Orthopedics]. 2014;(1):10-14.
  28. Robin B.N., Jani S.S., Marvil S.C., Reid J.B., Schillhammer C.K., Lubowitz J.H. Advantages and disadvantages of transtibial, anteromedial portal, and outside-in femoral tunnel drilling in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy*. 2015;31(7):1412-1419. DOI: 10.1016/j.arthro.2015.01.018.
  29. Tompkins M., Milewski M.D., Brockmeier S.F., Gaskin C.M., Hart J.M., Miller M.D. Anatomic femoral tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: use of an accessory medial portal versus traditional transtibial drilling. *Am J Sports Med*. 2012;40(4):1313-1321. DOI: 10.1177/0363546512443047.
  30. Bohn M.B., Sorensen H., Petersen M.K., Soballe K., Lind M. Rotational laxity after anatomical ACL reconstruction measured by 3-D motion analysis: a prospective randomized trial comparing anatomic and nonanatomic ACL reconstruction techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(12):3473-3481. DOI: 10.1007/s00167-014-3156-5.
  31. Прохоренко В.М., Фоменко С.М., Симагаев Р.О. Хирургическое лечение нестабильности коленного сустава (обзор литературы). *Современные проблемы науки и образования*. 2016;(2):63-71. Prokhorenko V.M., Fomenko S.M., Simagaev R.O. [Surgical treatment of knee joint instability (literature review)]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2016;(2):63-71.
  32. Janssen R.P.A., du Me'e A.V.F., van Valkenburg J., Sala H.A.G.M., Tseng C.M. Anterior cruciate ligament reconstruction with 4-strand hamstring autograft and accelerated rehabilitation: a 10-year prospective study on clinical results, knee osteoarthritis and its predictors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(9):1977-1988. DOI: 10.1007/s00167-012-2234-9.
  33. Streich N.A., Reichenbacher S., Barié A., Buchner M., Schmitt H. Long-term outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with an autologous four-strand semitendinosus tendon autograft. *Int Orthop*. 2013;37(2):279-284. DOI: 10.1007/s00264-012-1757-5.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Банцер Сергей Александрович* — аспирант ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Трачук Александр Павлович* — канд. мед. наук старший научный сотрудник отделения спортивной травматологии и реабилитации ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Богопольский Олег Евгеньевич* — врач травматолог-ортопед отделения № 5 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

*Сушков Иван Владимирович* — заведующий отделением лучевой диагностики ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Мурга Евгений Ярославович* — врач-рентгенолог ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Sergei A. Bantser* — Graduate Student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexandr P. Trachuk* — Cand. Sci. (Med.) Senior Researcher, the Department of Sports Traumatology and Rehabilitation, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Oleg E. Bogopol'sky* — Orthopedic Surgeon, 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 Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Ivan V. Sushkov* — Head of the Department of X-ray Diagnostics, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Evgeniy Ya. Murga* — Radiologist, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

# Оценка безопасности и эффективности внутрисуставного введения стромально-васкулярной фракции жировой ткани для лечения гонартроза: промежуточные результаты клинического исследования

И.А. Смышляев<sup>1,2</sup>, С.И. Гильфанов<sup>1,2,3</sup>, В.А. Копылов<sup>4</sup>, Р.Г. Гильмутдинов<sup>5</sup>, А.А. Пулин<sup>1</sup>, И.Н. Корсаков<sup>1</sup>, И.Р. Гильмутдинова<sup>1</sup>, А.П. Петрикина<sup>1</sup>, П.С. Еремин<sup>1</sup>, О.В. Крючкова<sup>1</sup>, В.П. Абельцев<sup>6</sup>, Н.В. Загородний<sup>3</sup>, В.Л. Зорин<sup>1</sup>, В.С. Васильев<sup>7</sup>, Д.Ю. Пупынин<sup>4</sup>, И.И. Еремин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ  
Ул. Маршала Тимошенко, д. 15, Москва, 121359, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ  
Ул. Маршала Тимошенко д. 19, с. 1А, Москва, 121359, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»  
Ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, 117198, Россия

<sup>4</sup> ГАУЗ «Городская клиническая больница № 4» г. Оренбурга  
Ул. Постникова, д. 11, Оренбург, 460000, Россия

<sup>5</sup> ГБУЗ «Оренбургская областная станция переливания крови»  
Ул. Аксакова, д. 32, Оренбург, 460018, Россия

<sup>6</sup> ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ  
Мичуринский пр-т, д. 6, Москва, 119285, Россия

<sup>7</sup> ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России  
Ул. Воровского, д. 64, Челябинск, 454048, Россия

## Реферат

В последние годы отмечается неуклонный рост заболеваемости остеоартрозом коленного сустава. Доля данной патологии составляет 83% от общей заболеваемости остеоартрозом. Результаты лечения существующими методами не вполне удовлетворительные.

**Цель исследования** — оценить безопасность и эффективность внутрисуставного введения аутологичной стромально-васкулярной фракции клеток жировой ткани для лечения остеоартроза коленного сустава.

**Материал и методы.** В исследование включено 28 пациентов. В условиях дневного стационара у каждого пациента забирали жировую ткань (шприцевая липосакция под местной анестезией), из которой в течение 1,5 ч выделяли стромально-васкулярную фракцию клеток и вводили в полость сустава. Наблюдение за пациентами осуществляли в течение 6 мес. после введения клеточного продукта. Нами представлены данные об эффективности, полученные при анализе индивидуальных регистрационных карт 10 больных, которые в соответствии с протоколом завершили участие в исследовании, и данные о безопасности, полученные для всех 28 пациентов. Эффективность оценивали при помощи инструментальных методов обследования, а также валидированных вопросников.

Смышляев И.А., Гильфанов С.И., Копылов В.А., Гильмутдинов Р.Г., Пулин А.А., Корсаков И.Н., Гильмутдинова И.Р., Петрикина А.П., Еремин П.С., Крючкова О.В., Абельцев В.П., Загородний Н.В., Зорин В.Л., Васильев В.С., Пупынин Д.Ю., Еремин И.И. Оценка безопасности и эффективности внутрисуставного введения стромально-васкулярной фракции жировой ткани для лечения гонартроза: промежуточные результаты клинического исследования. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):17-31. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-17-31.

**Cite as:** Smyshlyayev I.A., Gilfanov S.I., Kopylov V.A., Gilmudtinov R.G., Pulin A.A., Korsakov I.N., Gilmudtinova I.R., Petrikina A.P., Eremin P.S., Kruchkova O.V., Abeltsev V.P., Zagorodniy N.V., Zorin V.L., Vasilyev V.S., Pupunin D.Yu., Eremin I.I. [Safety and Effectiveness of Intraarticular Administration of Adipose-Derived Stromal Vascular Fraction for Treatment of Knee Articular Cartilage Degenerative Damage: Preliminary Results of a Clinical Trial]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):17-31. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-17-31.

Смышляев Иван Александрович. Ул. Маршала Тимошенко, д. 15, Москва, 121359, Россия / Ivan A. Smyshlyayev. 15, ul. Marshala Timoshenko, Moscow, 121359, Russian Federation; e-mail: mutant89@rambler.ru

Рукопись поступила/Received: 31.07.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 30.08.2017.

**Результаты.** Ни у одного больного не было выявлено нежелательных явлений или реакций. Через неделю после введения стромально-васкулярной фракции клеток жировой ткани отмечалось снижение болевого синдрома, которое продолжалось на протяжении всего периода наблюдения. Оценка качества жизни пациентов по шкале KOOS выявила улучшение качества жизни начиная с четвертой недели после внутрисуставного введения клеток. При клинической оценке функции коленного сустава с использованием части 1 вопросника KSS установлено повышение суммы баллов через 8 нед., а по части 2 вопросника KSS — через 6 мес. после введения клеточного продукта. При оценке качества жизни с помощью вопросника SF-36 выявлено улучшение физического компонента здоровья, статистически значимое на 2-м и 6-м мес. исследования. Не выявлено статистически значимого улучшения психологического компонента здоровья, однако наблюдается отчетливая тенденция к улучшению данного показателя.

**Выводы.** Предварительные результаты клинического исследования свидетельствуют о безопасности и эффективности внутрисуставного введения аутологичной стромально-васкулярной фракции клеток жировой ткани для лечения остеоартроза коленного сустава.

**Ключевые слова:** остеоартроз коленного сустава, стромально-васкулярная фракция, жировая ткань, стволовые клетки.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-17-31.

## Safety and Effectiveness of Intraarticular Administration of Adipose-Derived Stromal Vascular Fraction for Treatment of Knee Articular Cartilage Degenerative Damage: Preliminary Results of a Clinical Trial

I.A. Smyshlyaev<sup>1,2</sup>, S.I. Gilfanov<sup>1,2,3</sup>, V.A. Kopylov<sup>4</sup>, R.G. Gilmutdinov<sup>5</sup>, A.A. Pulin<sup>1</sup>, I.N. Korsakov<sup>1</sup>, I.R. Gilmutdinova<sup>1</sup>, A.P. Petrikina<sup>1</sup>, P.S. Eremin<sup>1</sup>, O.V. Kruchkova<sup>1</sup>, V.P. Abeltsev<sup>6</sup>, N.V. Zagorodnyy<sup>3</sup>, V.L. Zorin<sup>1</sup>, V.S. Vasilyev<sup>7</sup>, D.Yu. Pupynin<sup>4</sup>, I.I. Eremin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation 15, ul. Marshala Timoshenko, Moscow, 121359, Russia

<sup>2</sup> Central State Medical Academy, Administrative Department of the President of the Russian Federation 19, s. 1A, ul. Marshala Timoshenko, Moscow, 121359, Russian Federation

<sup>3</sup> Peoples' Friendship University of Russia 6, ul. Miklukho-Maklaya, Moscow, 117198, Russian Federation

<sup>4</sup> Orenburg City Clinical Hospital N 4 11, ul. Postnikova, Orenburg, 460000, Russian Federation

<sup>5</sup> Orenburg Regional Clinical Donor Blood Center 32, ul. Aksakova, Orenburg, 460018, Russian Federation

<sup>6</sup> Joined Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation 6, Michurinskii pr-t, Moscow, 119285, Russian Federation

<sup>7</sup> South Ural State Medical University 64, ul. Vorovskogo, Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

### Abstract

The incidence of knee osteoarthritis tends to increase every year and constitutes more than 83% of overall OA morbidity. Moreover, the OA morbidity among younger patients is also increasing. However, currently available treatment methods do not provide quite satisfactory outcomes.

**Purpose of the study** – to evaluate safety and efficacy of intraarticular introduction of autologous adipose-derived stromal vascular fraction for treatment of knee osteoarthritis.

**Material and methods.** By the moment of writing the present report, 28 patients were included into the study. All patients underwent tumescent liposuction under local anesthesia. The stromal vascular fraction was isolated from lipoaspirate within 1.5 hours after harvesting and subsequently injected into the articular cavity. Follow-up period was 6 months after injections. The authors report on efficacy data of 10 patients who completed the study according to protocol and safety data of all 28 patients. Efficacy was evaluated basing on laboratory assessments and patient's subjective assessment by validated questionnaires.

**Results.** Neither adverse reactions no adverse events were observed. Significant decrease of pain severity by VAS was noted in one week after injection and pain score continued decreasing during the whole follow up period. The increase of KOOS score was noted starting on the fifth week after injection. KSS part 1 score increased in 8 weeks, KSS part 2 score — in 6 months after injection. Physical health, assessed with SF-36 questionnaire significantly improved in 2 and 6 months after the procedure. There was a clear trend towards improvement of mental health.

**Conclusion.** Preliminary results of clinical study suggest intraarticular injection of autologous adipose-derived stromal vascular fraction to be a safe and efficient method of the treatment of knee osteoarthritis.

**Keywords:** Keywords: knee osteoarthritis, stromal vascular fraction, adipose-derived stem cells.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-17-31.

**Consent for publication:** the patient provided voluntary consent for publication of case data.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Во всем мире остеоартрозом (ОА) страдает более 250 миллионов человек [1]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВНО), остеоартроз коленного и тазобедренного суставов занимает 11-е место среди причинной инвалидности и имеет тенденцию к росту [2]. По данным Т. Vos с соавторами, ОА коленного сустава составляет 83% от общей заболеваемости ОА [1]. Демографическая тенденция к старению населения увеличивает распространенность этой патологии.

Течение ОА и его клиническая картина могут значительно варьировать из-за мультифакторной природы патофизиологических процессов, лежащих в основе заболевания [3]. Основной причиной нарушения функции пораженного сустава является снижение толщины хряща на нагружаемых поверхностях мышечков бедренной и большеберцовой костей, вплоть до полного его истирания [4–7]. Существующие способы лечения не позволяют полностью восстановить структуру и функцию коленного сустава и в большей степени являются симптоматическими [8, 9]. С целью уменьшения числа инвазивных вмешательств ортопедическим сообществом все больше внимания уделяется профилактике заболевания, поиску подходов для ранней диагностики и разработке пациент-специфических методов лечения.

Исследования в области регенеративной медицины показали, что применение мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (ММСК) оказывает выраженный терапевтический и регенеративный эффект при лечении различных дегенеративно-дистрофических заболеваний [10, 11]. Множество работ *in vitro* и доклинических исследований на животных показали высокую безопасность и эффективность ММСК в лечении ОА, посттравматических повреждений суставного хряща и других заболеваний опорно-двигательного аппарата [11–14]. Наиболее хорошо изученным и часто используемым источником ММСК является костный мозг. В одном из исследований при лечении пациентов с ОА при помощи ло-

кальной инъекции культивированных ММСК костного мозга (ММСКкм) было отмечено значительное улучшение функции суставов и снижение болевого синдрома более чем у 75% больных. Причем ни у одного из пациентов в течение более чем двухлетнего периода наблюдения не было зарегистрировано нежелательных явлений или реакций (в том числе неопластических процессов) [15].

Исследования Р.А. Zuk с соавторами показали, что ММСК могут быть получены не только из костного мозга, но и из жировой ткани (ММСКжт) [16]. Несмотря на то, что ММСКкм и ММСКжт имеют одинаковый иммунофенотип и способность к дифференцировке, существует ряд отличий в свойствах клеток в силу их различной анатомической локализации и выполняемых в организме функций. В частности, ММСКжт генетически более стабильны в долгосрочном периоде наблюдений, обладают более низким коэффициентом старения и имеют высокий пролиферативный потенциал [14]. ММСКкм составляют лишь 0,001–0,01% всех ядродержащих клеток в костном мозге, в то время как из эквивалентного объема жировой ткани можно получить в 1000 раз больше ММСКжт [14, 17]. Жировая ткань может быть получена посредством стандартной процедуры липосакции под местной анестезией. Концентрация ММСКжт в липоаспирате составляет около 4% от всего числа ядродержащих клеток (эндотелиальные клетки, перициты, фибробласты, макрофаги, Т-лимфоциты и гладкомышечные клетки) [14, 16, 18, 19]. Совокупность всех ядродержащих клеток, которые могут быть выделены из жировой ткани при помощи ферментативного расщепления, носят название стромально-васкулярной фракции (СВФ) [20]. СВФ оказывает противовоспалительный, иммуномодулирующий, антисептический эффекты, а ММСКжт, так же как и ММСКкм, способны к дифференцировке в другие типы клеток мезодермального происхождения (хрящевая ткань, сухожилия, связки) [14, 21]. СВФ относится к клеточным продуктам, не требующим культивирования, то есть забор биологического

материала, его обработка, получение СВФ и его клиническое применение возможны в рамках одного хирургического вмешательства. Таким образом, СВФ по сравнению с ММСК является более привлекательным клеточным продуктом для клинического применения, в том числе благодаря отсутствию факторов риска, связанных с длительным культивированием (контаминация, генетическая трансформация, спонтанная дифференцировка) [22]. Также в связи с синергическим действием различных типов клеток, входящих в состав СВФ, терапевтический эффект при лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний развивается раньше и является более выраженным [19].

СВФ используется в ветеринарной медицине с 2003 года. Проведенные рандомизированные двойные слепые многоцентровые контролируемые исследования на собаках крупных пород с ОА показали выраженное снижение боли, хромоты и улучшение функции сустава при введении СВФ в пораженный сустав. Подобные эффекты были описаны при лечении патологии суставов, хрящей, сухожилий и связок у других видов животных [12, 23, 24].

Основываясь на доступных в мировой литературе результатах применения СВФ при лечении ОА у людей и животных, нами было сделано предположение, что внутрисуставное введение СВФ способно купировать симптомы заболевания, снизить болевой и воспалительный синдромы, восстановить поврежденную хрящевую ткань и функцию сустава, а также улучшить качество жизни наблюдаемых пациентов.

### Материал и методы

Работа проводится в формате инициативного многоцентрового открытого несравнительного клинического исследования, фаза IIb, протокол № RU-CCN-03-01-16 (NCT02827851). Исследование соответствует этическим стандартам комитетов по биомедицинской этике, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией, и правилам Надлежащей клинической практики (ГОСТ Р 52379-2005). Пакет документов получил одобрение Независимого междисциплинарного комитета по этической экспертизе клинических исследований (протокол № 07 от 22.04.2016). Всего в исследование планируется включить 200 пациентов.

На данный момент в исследование включено 28 больных ОА коленного сустава (6 пациентов с первой, 12 – со второй и 10 – с третьей стадией ОА), из которых в соответствии с протоколом завершили участие 10 пациентов.

Для оценки эффективности проанализировано 10 индивидуальных регистрационных карт

больных ОА коленных суставов, завершивших участие в исследовании (4 мужчины, 6 женщин, возраст пациентов составлял 56 (49–63) лет, индекс массы тела 27,5 (23,6–28,0) кг/м<sup>2</sup>).

Перед включением в протокол все пациенты были ознакомлены с информационным листом пациента и подписали форму информированного согласия на участие в исследовании.

### Дизайн исследования

В соответствии с разработанным протоколом каждый пациент после включения в исследование и подписания информированного согласия обследовался до манипуляции (скрининговый визит -5), в день манипуляции (визит 1), а также в течение 6 мес. после манипуляции – через 1, 4, 8, 12, 24 нед. (соответственно, визиты 2–6). Предварительная оценка безопасности проводилась на визите 3. В настоящей статье представлены данные по безопасности, полученные при обследовании 28 пациентов, все из которых прошли более четырех визитов.

Манипуляция представляет собой процедуру, осуществляемую в условиях дневного стационара и состоящую из забора биологического материала (шприцевая липосакция под местной анестезией), обработки биоматериала (выделение СВФ) и внутрисуставного введения СВФ.

Изначально дизайн исследования предполагал обязательную процедуру артроскопии до манипуляции. Учитывая отсутствие абсолютных показаний к проведению артроскопии у большинства пациентов молодого возраста с ОА, впоследствии эта процедура была исключена из протокола по решению главных исследователей. Соответствующие поправки в протокол были одобрены решением Независимого междисциплинарного комитета по этической экспертизе клинических исследований (поправка № 1 – протокол № 04 от 10.03.2017).

Всем пациентам при прохождении скринингового визита выполнялись следующие процедуры: заполнение опросников (SF-36, KSS, KOOS, VAS), физикальный осмотр пациента, забор крови для оценки общего и биохимического анализов крови, а также общий анализ мочи. Анализировались данные рентгенологического, МРТ- и УЗИ-исследований целевого сустава. Оценка степени тяжести ОА проводилась по рентгенологической классификации Kellgren – Lawtence. Ключевая роль при оценке состояния сустава уделялась данным МРТ: оценивалась толщина хряща на нагружаемых поверхностях мыщелков большеберцовой и бедренной костей, а также наличие и размеры хондральных дефектов в указанной области.

*Критерии включения*

1. Мужчины/женщины в возрасте от 20 до 85 лет включительно.
2. Пациенты с болями в коленном суставе в течение более чем половины дня с интенсивностью  $\geq 40$  мм по ВАШ.
3. Наличие у пациента как минимум трех из следующих критериев:
  - возраст  $> 20$  лет;
  - скованность в коленном суставе  $< 30$  мин;
  - жалобы пациента на щелчки, хруст в суставе при движении, определяющиеся самим пациентом;
  - болезненность области сустава при пальпации;
  - увеличение объема сустава;
  - пальпаторное отсутствие гипертермии над областью сустава.
4. Пациенты, способные ходить без посторонней помощи.
5. Пациент(ка) ознакомился(ась) с информационным листком и подписал(а) форму информированного согласия.

*Критерии невключения*

1. IV степень остеоартроза по классификации Kellgren – Lawhence.
2. Предшествующие оперативные вмешательства на целевой конечности, приводящие к изменению биомеханики, в том числе эндопротезирование и остеотомии.
3. Аутоимунные, инфекционные и системные заболевания, вовлекающие в патологический процесс суставы конечностей.
4. Травмы целевой конечности, приводящие к изменению оси конечности.
5. Пациенты, получавшие лечение препаратами с доказанным влиянием на метаболизм хрящевой и костной тканей.
6. Внутрисуставные инъекции в течение предшествующего года.
7. Сопутствующие заболевания в стадии субкомпенсации и декомпенсации.
8. Наличие в анамнезе злокачественных новообразований.
9. Значительные отклонения от нормы в лабораторных показателях: общий и биохимический анализы крови.

*Критерии исключения*

1. Отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании.
2. Отказ пациентки от соблюдения требований по контрацепции в период участия в исследовании.
3. ХБП IV–V стадий (клиренс креатинина  $< 30$  мл/мин по формуле Cockcroft-Gault).

4. Подтвержденные носители ВИЧ, гепатита В или С.

*Конечные точки исследования*

В соответствии с дизайном клинического исследования в течение 24 нед. после введения клеточного продукта оценивались следующие параметры:

- данные о безопасности внутрисуставного введения аутологичной СВФ для лечения дистрофических изменений суставного хряща: тип, частота и тяжесть нежелательных явлений и нежелательных реакций, оцененные с помощью клинического осмотра, анализов крови, УЗИ и МРТ коленного сустава;
- данные об эффективности внутрисуставного введения аутологичной СВФ для лечения дистрофических изменений суставного хряща: рентгенографическое исследование, ультразвуковое исследование, МРТ, вопросник по клинической оценке функции коленного сустава KSS;
- динамика показателей качества жизни, оцененных с помощью валидированных вопросников: качества жизни SF-36 (русскоязычная версия), состояния коленных суставов KOOS, боли по ВАШ, функции коленного сустава KSS.

*Забор биоматериала*

Жировую ткань забирали методом стандартной шприцевой тумесцентной липосакции. Область забора жировой ткани предварительно инфильтрировали раствором Кляйна, содержащим адреналин, лидокаин и физиологический раствор через инфильтрационную канюлю диаметром 2 мм длиной 30 см. Время экспозиции жировой ткани в тумесцентной жидкости согласно стандартным рекомендациям составляло 30–40 мин. В качестве донорских зон чаще всего выбирались передняя брюшная стенка, фланговые области и бедра. Липосакцию выполняли канюлей длиной 250 мм и диаметром 2,5 мм с 14 отверстиями диаметром 1,5 мм. Липоаспират собирался в стерильные шприцы объемом 50 мл, в которых производилось его отстаивание до полного разделения на фракции. Объем жировой ткани составлял 150 (110–150) мл. После удаления жидкой фракции шприцы с жировой тканью упаковывали в стерильные пакеты и помещали в транспортный термоконтейнер вместе с сопроводительной документацией. Транспортировку осуществляли при комнатной температуре в течение 30–60 мин.

*Получение СВФ*

В условиях ламинарного шкафа жировую ткань переносили из шприцев в стерильную одноразовую емкость и промывали 3 раза раствором Хартмана (Nemofarm, Сербия).

Для ферментативной обработки в емкость добавляли 0,15% раствор коллагеназы 2 типа (Sigma, США) в количестве, равном объему отмытой жировой ткани. Емкость закрывали крышкой и инкубировали на шейкере в течение 30 мин при 37°C. В дальнейшем полученную суспензию клеток фильтровали через сито с диаметром пор 100 мкм, переносили в стерильные пробирки и 3 раза отмывали от коллагеназы раствором Хартмана с последующим центрифугированием в течение 7 мин при 300g. Затем клеточный осадок растворяли в 5 мл раствора Хартмана и отбирали 0,5 мл для паспортизации образца. Оставшиеся 4,5 мл суспензии клеток переносили в стерильный шприц, который маркировали и помещали в стерильную вторичную упаковку. Полученный клеточный продукт транспортировали в течение 30 мин в термоконтейнере при комнатной температуре.

#### *Внутрисуставное введение СВФ*

Манипуляцию производили в положении пациента лежа на спине. После трехкратной обработки операционного поля (области коленного сустава, нижней трети бедра и верхней трети голени) растворами антисептиков (йодинол, спирт) выполняли анестезию кожи и подкожной клетчатки в нижнелатеральной области коленного сустава 2,0 мл 0,5% раствора новокаина. Далее через прокол ниже-латеральным доступом иглой 20G (0,9×70 мм) в наружный отдел полости коленного сустава производили введение 4,5 мл суспензии СВФ. После удаления иглы накладывали асептическую и фиксирующую повязки. Дополнительную иммобилизацию не проводили. Пациент соблюдал ограничительный режим физической активности в течение 7 дней с момента введения, далее вел привычный для него образ жизни.

#### *Паспортизация образца СВФ*

Паспортизация образцов производилась в соответствии с разработанной Стандартной операционной процедурой и включала в себя обязательное описание общего числа клеток, жизнеспособности и субпопуляционного состава. Подсчет клеток проводили по стандартной методике с использованием гемоцитометра и окраской трипановым синим для определения жизнеспособности. Общее число ядросодержащих клеток составляло 36 (22–54) млн, жизнеспособность – более 92%. Количество выделенных клеток на единицу объема жировой ткани составило 0,273 (0,207–0,400) млн/мл.

Для определения субпопуляционного состава полученных клеточных продуктов суспензию клеток окрашивали флюорохромно мече-

ными антителами к поверхностным маркерам: CD3, 4, 14, 31, 34, 45, 90, 105, 146 (все – Becton Dickinson, США) в соответствии с инструкциями производителя. Затем проводили иммунофенотипирование образцов на проточном цитометре BD FACS CantoII (Becton Dickinson, США). Согласно результатам проточной цитометрии, образцы СВФ характеризовались содержанием 15,4 (10,0–21,3)% лейкоцитов, 1,45 (1,00–2,70)% периферических моноцитов, 52,3 (41,2–61,0)% адвентициальных стромальных клеток, 12,5 (8,0–17,2)% эндотелиальных клеток, 4,2 (2,7–8,0)% клеток со стромальным фенотипом (в том числе гладкомышечные клетки), а также 12,25 (6,40–14,80)% других популяций, к которым относятся клетки, находящиеся на различных стадиях дифференцировки.

#### *Статистическая обработка*

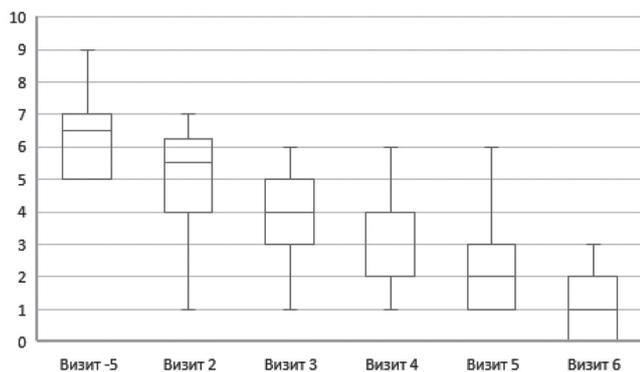
Статистическая обработка результатов выполнялась в программе R 3.2.4 (R foundation, Австрия). Учитывая небольшое число наблюдений, анализ распределения значений изучаемых признаков не проводился. Оценка эффективности терапии проводилась путем сравнения числовых значений критериев эффективности терапии на визитах (с 2 по 6) по сравнению со значениями, зарегистрированными на визите -5 (использовался двусторонний тест Вилкоксона для зависимых групп).

При описании значений порядковых признаков в качестве показателя, отражающего центральную тенденцию, использована медиана, в качестве меры вариативности признака – 25 и 75 перцентили (межквартильный интервал, в случае, если в выборке отсутствовало значение, соответствующее 25, 50 или 75 перцентилем), за значение медианы, верхнего и нижнего квартилей принимались среднее от двух ближайших значений. Для бинарных признаков приведены относительные частоты и их 95% доверительные интервалы.

#### **Результаты**

Ни у одного пациента не было зарегистрировано нежелательных явлений или реакций, их относительная частота составила 0,0%, 95% доверительный интервал (0,0–0,119%).

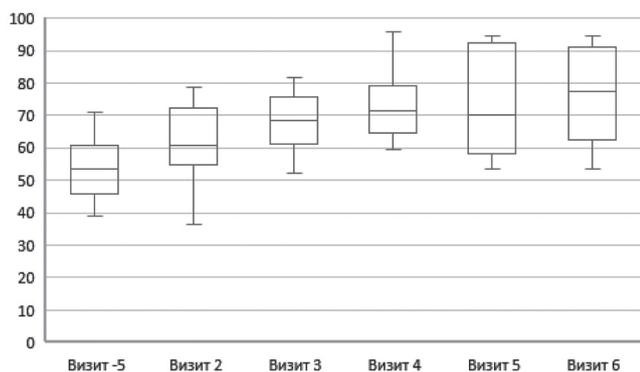
Выявлено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение выраженности боли по ВАШ на визите 2, когда она составляла 5,5 (4,0–6,0) баллов по сравнению со значениями, выявленными при скрининге – 6,5 (5,0–7,0) баллов. Выраженность боли продолжала снижаться на протяжении всего периода наблюдения, составив на шестом визите 1,0 (0,0–2,0) балл (рис. 1).



**Рис. 1.** Динамика показателей интенсивности боли по ВАШ

**Fig. 1.** Dynamics of pain intensity by VAS

Оценка состояния коленных суставов по шкале KOOS выявила улучшение качества жизни после внутрисуставного введения СВФ. Результаты теста были значимо ( $p < 0,05$ ) лучше на третьем, пятом и шестом визитах по сравнению с визитом -5 (рис. 2).

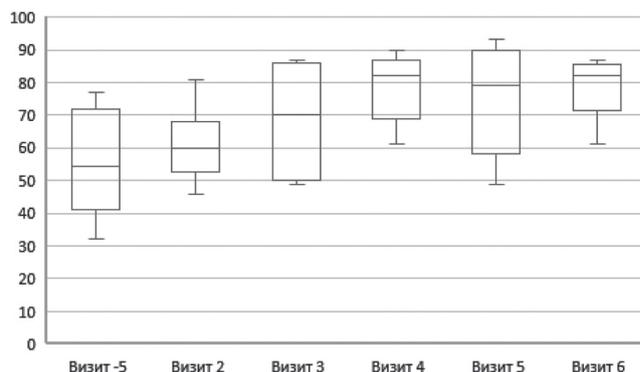


**Рис. 2.** Оценка состояния коленных суставов по шкале KOOS

**Fig. 2.** Knee assessment by KOOS scale

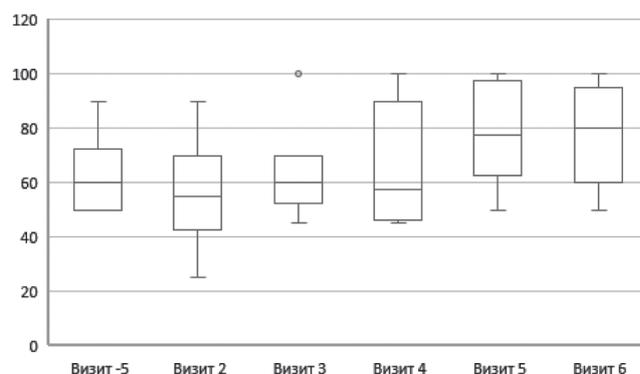
При клинической оценке функции коленного сустава с использованием части 1 вопросника KSS установлено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) повышение суммы баллов на визите 4, когда она составила 82,0 (69,0–87,0) балла по сравнению со значениями, выявленными при скрининге – 54,5 (42,0–72,0) балла (рис. 3).

Сумма баллов по части 2 вопросника KSS была значимо ( $p < 0,05$ ) выше на визите 6, составляя 80,0 (60,0–90,0) баллов, чем на визите -5, когда были зафиксированы значения 60,0 (50,0–70,0) баллов (рис. 4).



**Рис. 3.** Оценка функции коленного сустава по шкале KSS (часть 1)

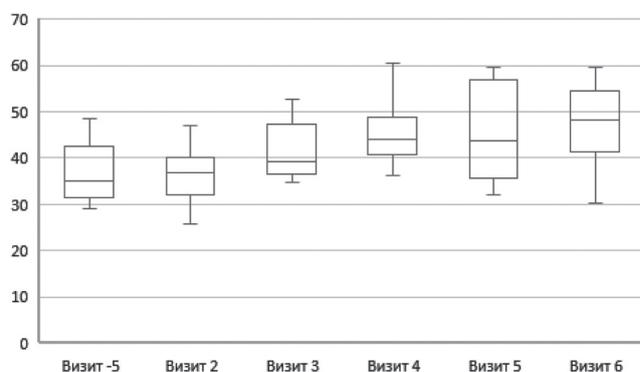
**Fig. 3.** Knee function assessment by KSS (part 1)



**Рис. 4.** Оценка функции коленного сустава по шкале KSS (часть 2)

**Fig. 4.** Knee function assessment by KSS (part 2)

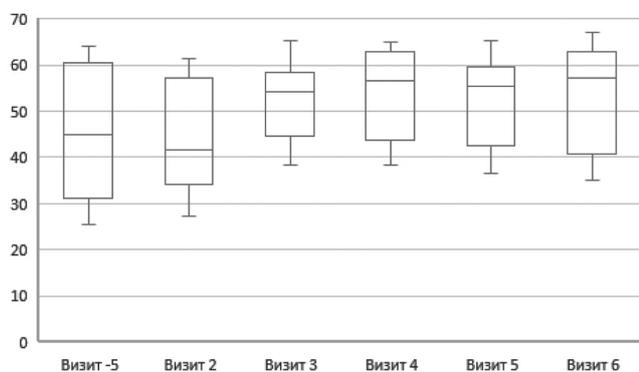
При оценке качества жизни с помощью вопросника SF-36 выявлено улучшение физического компонента здоровья, статистически значимое на визитах 4 и 6, когда сумма баллов составляла 44,1 (41,7) балла и 48,1 (41,8–54,2) соответственно по сравнению с 34,9 (31,1–42,4) баллов, зафиксированным на визите -5 (рис. 5).



**Рис. 5.** Оценка качества жизни по вопроснику SF-36

**Fig. 5.** Life quality evaluation by SF-36

Не выявлено статистически значимого улучшения психологического компонента здоровья, однако наблюдается отчетливая тенденция к улучшению показателя (рис. 6).



**Рис. 6.** Оценка психического здоровья по SF-36

**Fig. 6.** Mental health evaluation by SF-36

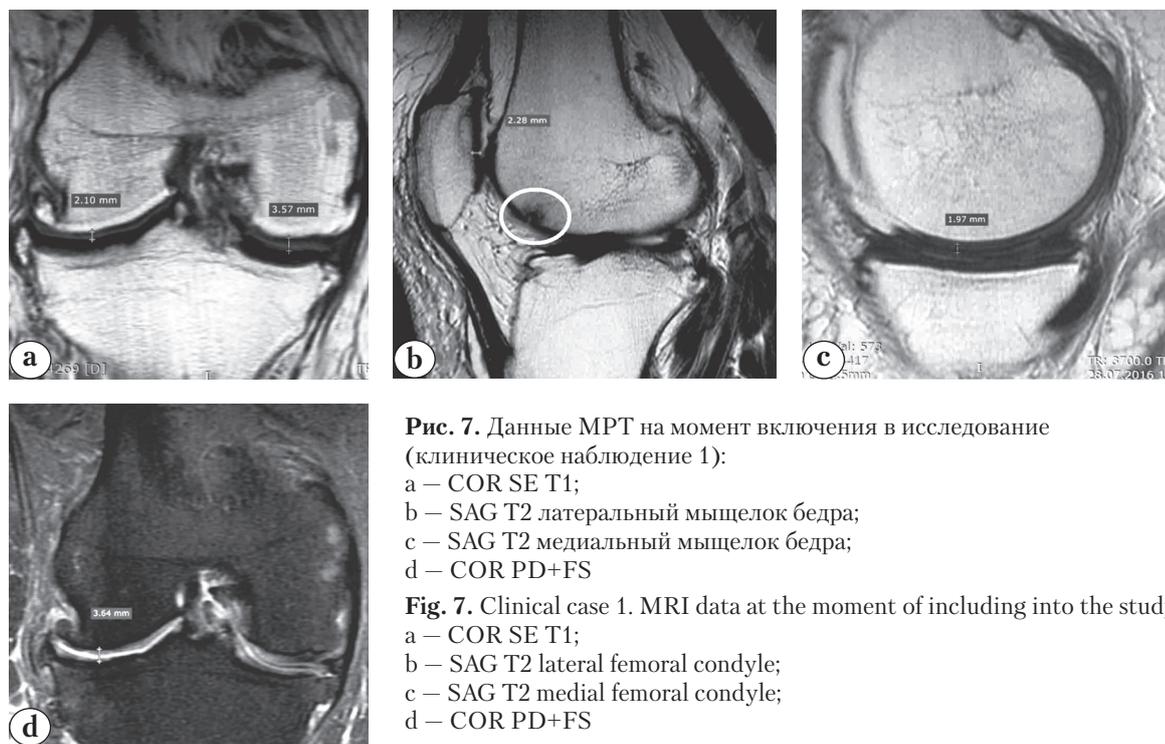
Ни у одного больного не было выявлено нежелательных явлений или нежелательных реакций, их относительная частота составила 0,0%, 95% доверительный интервал (0,0–12,3%).

Для иллюстрации полученных результатов приводим клинические наблюдения.

#### Клиническое наблюдение 1

Пациентка 66 лет, рост 168 см, вес 105 кг, ИМТ 37,2. В течение 8 лет беспокоят боли в левом коленном суставе. Несмотря на избыточный вес, паци-

ентка ведет активный образ жизни, работает, много путешествует. В течение последнего года боль в коленном суставе усилилась, что привело к ограничению активности. У пациентки диагностирован левосторонний деформирующий остеоартроз 2–3 ст. Около 3 лет назад была проведена инъекция гиалуроновой кислоты в левый коленный сустав с кратковременным положительным эффектом. Прием НПВС лишь незначительно купировал болевой синдром и позволял расширить двигательную активность. Пациентке неоднократно предлагалось тотальное эндопротезирование коленного сустава в различных клиниках, однако боязнь оперативного вмешательства и возможных негативных последствий заставили ее искать альтернативные варианты лечения. На момент обращения пациентки в клинику уровень боли в коленном суставе равнялся 6 см по ВАШ, KOOS – 48 баллов, KSS – 62/68 балла, SF-36 (физический компонент здоровья) – 48,6 балла, SF-36 (эмоциональный компонент здоровья) – 64,0 балла. Пациентка также отмечала усиление болей при подъеме или спуске по лестнице. При осмотре отмечался отек мягких тканей в области коленного сустава, боль при пальпации в проекции латеральной и медиальной суставных щелей, ограничение объема движений в коленном суставе в крайних положениях, стойкая сгибательная контрактура. Сгибание – 95°, разгибание – 170°. Так же отмечалась вальгусная деформация оси конечности. При проведении МРТ было диагностировано хондромалиция суставной поверхности латеральных мыщелков бедренной и большеберцовых костей 2–3 ст. (рис. 7).



**Рис. 7.** Данные МРТ на момент включения в исследование (клиническое наблюдение 1):

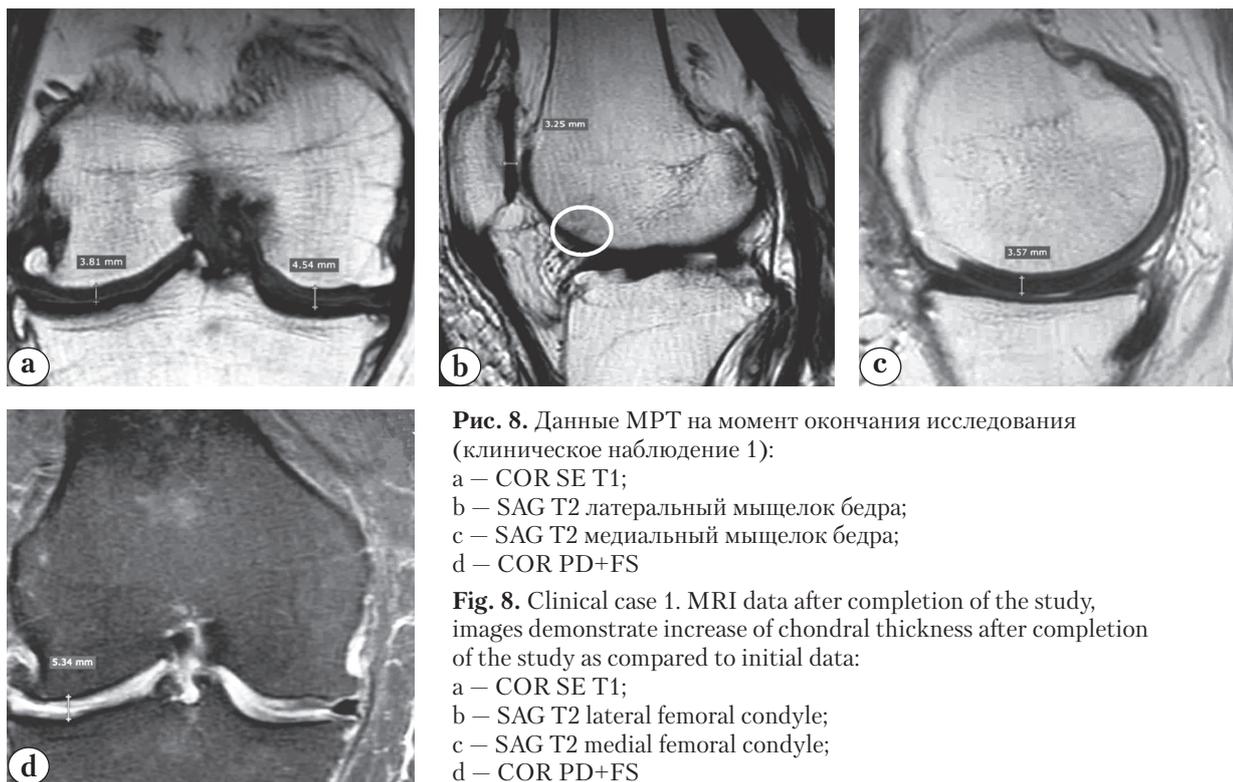
- a – COR SE T1;
- b – SAG T2 латеральный мыщелок бедра;
- c – SAG T2 медиальный мыщелок бедра;
- d – COR PD+FS

**Fig. 7.** Clinical case 1. MRI data at the moment of including into the study:

- a – COR SE T1;
- b – SAG T2 lateral femoral condyle;
- c – SAG T2 medial femoral condyle;
- d – COR PD+FS

Пациентке была проведена санационно-диагностическая артроскопия коленного сустава, которая подтвердила хондромалацию суставной поверхности латеральных мыщелков бедренной и большеберцовых костей 3 ст., дегенеративный разрыв переднего рога латерального мениска. Передний рог медиального мениска был экономно иссечен. Через месяц после артроскопии, согласно протоколу исследования, пациентке было выполнено внутрисуставное введение СВФ. Пациентка посетила все контрольные визиты и на момент окон-

чания исследования были отмечены следующие результаты: болевой синдром по ВАШ уменьшился до 4, KOOS вырос до 80 баллов, KSS – до 85/87 баллов, объем движений увеличился при сгибании до 115°, при разгибании – до 175°. Уменьшился отек мягких тканей области коленного сустава, боль при пальпации в проекции суставных щелей значительно снизилась. На контрольной МРТ было обнаружено увеличение толщины хондрального слоя в латеральных отделах в среднем на 100–110% (рис. 8, 9).



**Рис. 8.** Данные МРТ на момент окончания исследования (клиническое наблюдение 1):

- a – COR SE T1;
- b – SAG T2 латеральный мыщелок бедра;
- c – SAG T2 медиальный мыщелок бедра;
- d – COR PD+FS

**Fig. 8.** Clinical case 1. MRI data after completion of the study, images demonstrate increase of chondral thickness after completion of the study as compared to initial data:

- a – COR SE T1;
- b – SAG T2 lateral femoral condyle;
- c – SAG T2 medial femoral condyle;
- d – COR PD+FS



**Рис. 9.** Рентгенограмма коленного сустава на момент окончания исследования в прямой и боковой проекциях (клиническое наблюдение 1)

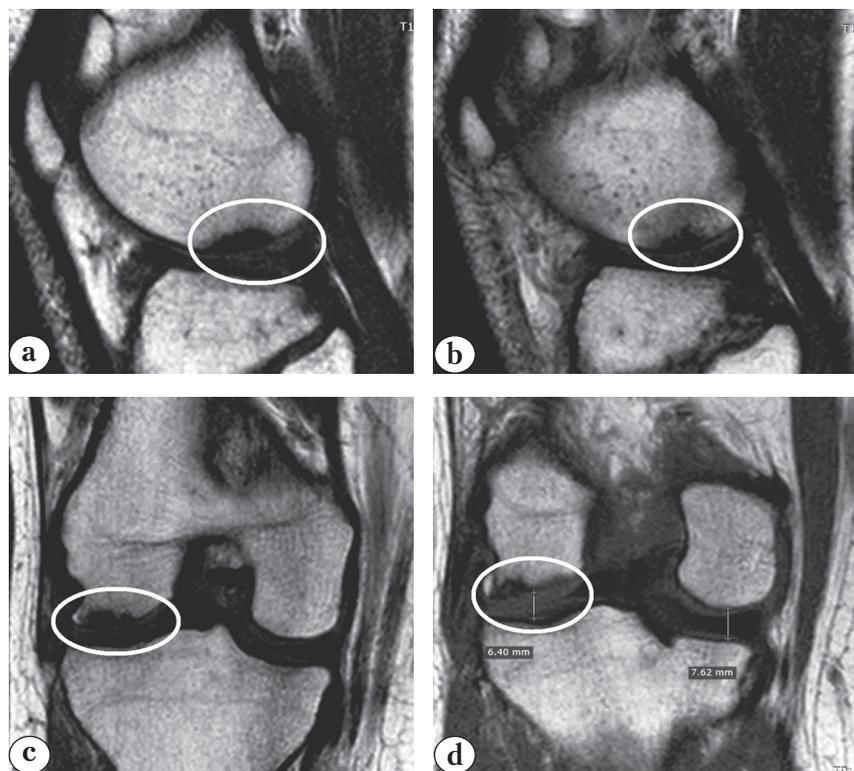
**Fig. 9.** Clinical case 1. AP and lateral x-ray of the knee joint after completion of the study

### Клиническое наблюдение 2

Пациентка, 34 года, рост 165 см, вес 53 кг, ИМТ 19,5. В течение последних 5 лет беспокоит боль в правом коленном суставе. В течение последнего полугодия отмечает усиление болей, ограничение движений в коленном суставе. У пациентки диагностирован правосторонний деформирующий остеоартроз 1–2 ст. В анамнезе: профессиональное занятие спортом (кикбоксинг), травма правого коленного сустава около 10 лет назад. Лечения не получала, продолжала заниматься спортом. В связи с усилением болей занятия спортом прекратила, степень активности значительно снизилась. На момент скринингового исследования были получены следующие данные: выраженность боли по ВАШ – 9 см, KOOS – 42 балла, KSS – 59/61 баллов, SF-36 – 38,8/32,1 балла. При осмотре отмечался выраженный отек мягких тканей области коленного сустава, скопление избыточной синовиальной жидкости в полости сустава, боль

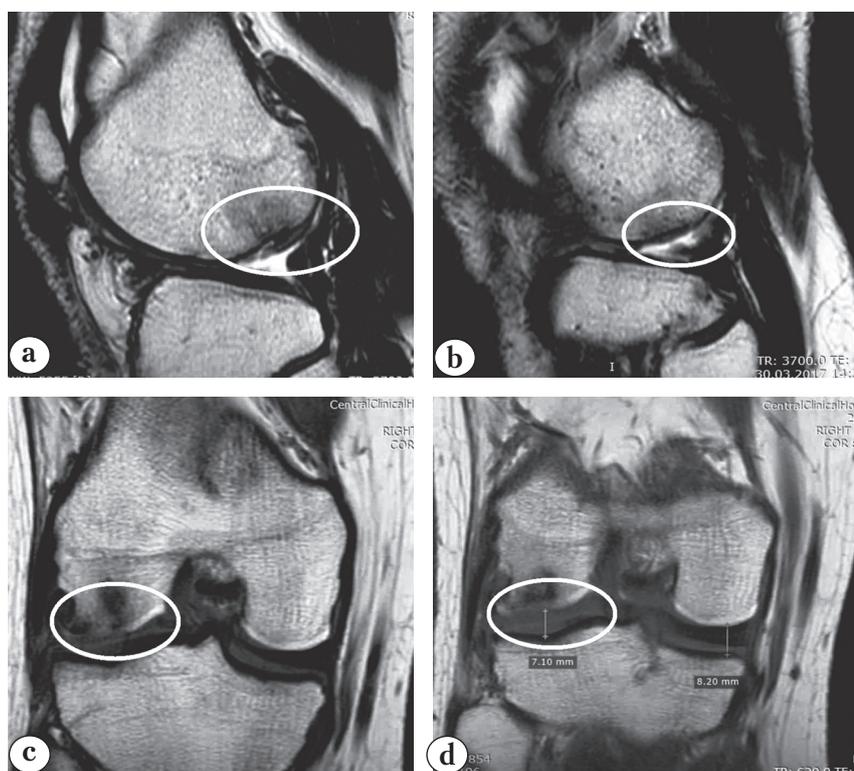
в медиальных отделах сустава. Выраженная разгибательная контрактура. Сгибание – 90°, разгибание – 175°. При проведении МРТ был диагностирован обширный хондральный дефект на нагружаемой поверхности латерального мыщелка бедра размером

до 3×3 см с повреждением и выраженным отеком субхондральной кости, разрыв латерального мениска (рис. 10). Во время артроскопического вмешательства была выполнена обработка краев хондральной язвы, экономная резекция поврежденного мениска.



**Рис. 10.** Данные МРТ на момент включения в исследование (клиническое наблюдение 2):  
a, b – SAG T1 латеральный мыщелок бедра;  
c, d – COR T1 латеральный мыщелок бедра

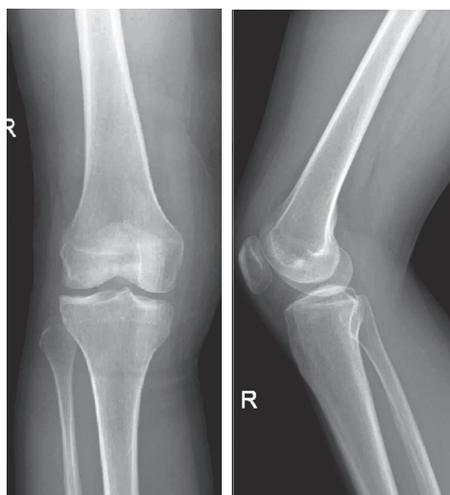
**Fig. 10.** Clinical case 2. MRI data at the moment of including into the study, subchondral edema is outlined:  
a, b – SAG T1 lateral femoral condyle;  
c, d – COR T1 lateral femoral condyle



**Рис. 11.** Данные МРТ на момент окончания исследования (клиническое наблюдение 2):  
a, b – SAG T1 латеральный мыщелок бедра;  
c, d – COR T1 латеральный мыщелок бедра

**Fig. 11.** Clinical case 2. MRI data after completion of the study, images demonstrate reduction of bone edema:  
a, b – SAG T1 lateral femoral condyle;  
c, d – COR T1 lateral femoral condyle

Через месяц после артроскопии, согласно протоколу исследования, пациентке было выполнено внутрисуставное введение СВФ. Пациентка посетила все контрольные визиты и на момент окончания исследования были получены следующие результаты: болевой синдром по ВАШ уменьшился до 2, KOOS – 90 баллов, KSS – 91/93 баллов, качество жизни по SF-36 – 53,9/54,6 баллов, объем движений увеличился: сгибание до 135°, разгибание до 180°. Уменьшился отек мягких тканей в области коленного сустава, анатомические очертания сустава пришли в норму. Активность пациентки в повседневной жизни не ограничена, легкие физические нагрузки так же не вызывают болевого синдрома. На контрольном МРТ было обнаружено выраженное уменьшение зоны отека субхондральной кости латерального мыщелка. Хондральный дефект по всей поверхности покрыт тканью, совпадающей по плотности и структуре с хрящом, наблюдается увеличение толщины хряща по краям дефекта (рис. 11, 12).



**Рис. 12.** Рентгенограмма коленного сустава на момент окончания исследования в прямой и боковой проекции (клиническое наблюдение 2)

**Fig. 12.** Clinical case 2. AP and lateral x-ray of the knee joint after completion of the study

### Обсуждение

В настоящее время для лечения ОА коленного сустава в распоряжении клиницистов имеется широкий набор методов с доказанной эффективностью, таких как внутрисуставные инъекции гиалуроновой кислоты и глюкокортикоидов. Однако отдаленные результаты применения этих методов сложно признать удовлетворительными, что обуславливает необходимость разработки новых способов лечения [10, 25, 26].

В частности, внимание исследователей привлекает использование обогащенной тром-

боцитами плазмы и клеточных продуктов. К настоящему времени завершено несколько сравнительных исследований эффективности гиалуроновой кислоты и продуктов регенеративной медицины при ОА. Например, в одной из работ показана большая эффективность обогащенной тромбоцитами плазмы по сравнению с гиалуроновой кислотой при их внутрисуставном введении по показателям боли в коленном суставе, оцененной по шкале ВАШ и сумме баллов по шкале IKDC (International Knee Documentation Committee score) [25]. В другом исследовании показана более высокая эффективность внутрисуставного введения мононуклеаров костного мозга по сравнению с гиалуроновой кислотой [26]. Вместе с тем, сведений о сравнительных исследованиях эффективности применения СВФ и других клеточных продуктов при ОА в доступной литературе нет.

Предварительные результаты настоящего клинического исследования подтверждают безопасность внутрисуставного введения СВФ при лечении ОА, о чем свидетельствует отсутствие нежелательных явлений и реакций у всех включенных в протокол больных. Эффективность локальной инъекции клеточного продукта подтверждается улучшением качества жизни и снижением выраженности болевого синдрома на протяжении всего срока наблюдения за пациентами и улучшением функции коленного сустава. Помимо этого, по данным МРТ визуализируется замещение хондральных дефектов тканью, совпадающей по плотности и структуре с гиалиновым хрящом, а также увеличение толщины хряща по краям дефекта.

Описанные нами терапевтические эффекты и данные инструментальных исследований убедительно свидетельствуют об активации процессов формирования хрящеподобной ткани в месте повреждения. Появление хряща в данной области можно связать с эффектами, опосредованными внутрисуставным введением СВФ. По данным современной научной литературы, большинство авторов рассматривают в качестве основного действующего агента ММСКжт, входящие в состав СВФ. В работах Р.А. Zuk с соавторами (2001, 2002) была показана принципиальная возможность участия ММСКжт в процессах регенерации скелетных тканей [16, 20]. В дальнейших доклинических исследованиях и клинических наблюдениях была продемонстрирована эффективность применения СВФ и культивированных ММСКжт в ортопедии [27, 28]. В настоящее время накоплено большое количество результатов клинических исследований, посвященных использованию культивированных ММСК, выделенных

из различных тканей, в том числе жировой, для лечения ОА [10]. Данные недавнего метаанализа свидетельствуют о большей эффективности внутрисуставного введения ММСК по сравнению с контролем для снижения выраженности боли по ВАШ, сумме баллов по шкалам IKDC и WOMAC [29].

Несмотря на хорошие результаты, технология лечения, основанная на применении культивированных ММСК, имеет серьезное ограничение: для получения клеточного продукта необходим этап культивирования клеток в специальной лаборатории в стерильных условиях в соответствии с рекомендациями профессиональных сообществ и требованиями надлежащих практик [10, 27, 28, 30]. Поскольку в большинстве стран мира культивированные клеточные продукты должны быть зарегистрированы по процедуре, схожей с регистрацией лекарственных средств, то многие исследователи ориентируются на СВФ, которая может быть получена в однократной закрытой системе «у постели» больного и применена в рамках одной хирургической процедуры. Такой подход позволяет рассматривать применение СВФ как медицинскую манипуляцию или отдельную медицинскую услугу, а с учетом значительного содержания в составе СВФ ММСК – позиционировать ее как альтернативу терапии культивированными клеточными продуктами. Однако однозначного мнения как относительно механизма терапевтического действия, так и относительно того, какая клеточная популяция считается основной для реализации эффекта, еще не сформировалось [10]. При этом существует ряд теорий терапевтического действия самих ММСК. Клинический эффект может достигаться за счет паракринного действия ММСК – выработки значительного числа ростовых факторов и цитокинов [30, 31]. Он также может достигаться за счет прямого графтинга ММСК и их дифференцировки в различные специализированные виды клеток, в том числе хондроциты [32, 33], или за счет одновременной реализации этих механизмов – секреции ММСК цитокинов, стимулирующих в том числе как дифференцировку резидентных клеток, так и дифференцировку самих ММСК в тканеспецифические прогениторные клетки [34, 35].

По нашему мнению, клинический эффект локального введения СВФ связан не только с наличием в ее составе ММСК, но и других клеточных популяций, которые также вносят весомый вклад в репарацию хрящевой ткани. Присутствие в составе клеточного продукта тканевых макрофагов, эндотелия и других клеток в условиях активной секреции ММСК ростовых

факторов способствует купированию воспалительных реакций, стимуляции неогенеза, уменьшению выраженности склеротических изменений [36–40]. Для установления специфики уникальных или общих механизмов терапевтического воздействия СВФ и ММСК при ОА необходимо проводить плацебо-контролируемые клинические исследования.

Детальное изучение состава СВФ необходимо для понимания механизмов ее терапевтического действия. Также индивидуальная характеристика клеточного продукта позволит установить влияние на терапевтический потенциал таких факторов, как объем липоасpirата, особенности жировой ткани различных анатомических локализаций, влияние на состав продукта пола, возраста, вредных привычек и данных анамнеза.

В настоящее время опубликованы результаты исследований сочетанного применения клеточных продуктов (СВФ или культивированных ММСК) вместе с PRP или гиалуроновой кислотой [10]. Авторы сообщают о высокой клинической эффективности таких комбинированных клеточных продуктов, придавая особое значение дополнительно вводимым PRP или ГК в качестве матриц, способствующих адгезии клеток. Однако статистически значимых выборок, групп сравнения с изолированным использованием терапевтических агентов до сих пор представлено не было.

### Заключение

Таким образом, СВФ жировой ткани является безопасным клеточным продуктом для лечения дегенеративных изменений суставного хряща. Полученные нами предварительные клинические данные соответствуют общемировым и позволяют предполагать клиническую эффективность в отношении симптомов ОА при внутрисуставном введении. Клиническое исследование будет продолжено для набора большего числа пациентов и получения статистически значимых выборок, а также будет детально охарактеризован субпопуляционный состав СВФ для уточнения механизмов ее терапевтического действия.

### Согласие на публикацию

Пациенты дали добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

### Конфликт интересов: не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература / References

1. Vos T, Barber R.M., Bell B., Bertozzi-Villa A., Biryukov S., Bolliger I. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2015;386(9995):743-800. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60692-4.
2. Lohmander L.S. Knee replacement for osteoarthritis: facts, hopes, and fears. *Medicographia* 2013;35:181-188.
3. Srikanth V.K., Fryer J.L., Zhai G., Winzenberg T.M., Hosmer D., Jones G. A meta-analysis of sex differences prevalence, incidence and severity of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13:769781. DOI: 10.1016/j.joca.2005.04.014.
4. Kleemann R.U., Krockner D., Cedraro A., Tuischer J., Duda G.N. Altered cartilage mechanics and histology in knee osteoarthritis: relation to clinical assessment (ICRS Grade). *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13:958-963. DOI: 10.1016/j.joca.2005.06.008.
5. Loeser R.F., Goldring S.R., Scanzello C.R., Goldring M.B.. Osteoarthritis: A disease of the joint as an organ. *Arthritis Rheum*. 2012;64:1697-1707. DOI: 10.1002/art.34453.
6. Morrison J.B. The mechanics of the knee joint in relation to normal walking. *J Biomech*. 1970;3:5-61.
7. Yucesoy B., Charles L.E., Baker B., Burchfiel C.M. Occupational and genetic risk factors for osteoarthritis: a review. *Work*. 2015;50:261-273. DOI: 10.3233/WOR-131739.
8. Messier S.P., Loeser R.F., Miller G.D., Morgan T.M., Rejeski W.J., Sevick M.A., Ettinger W.H., Pahor M., Williamson J.D. Exercise and dietary weight loss in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis: the Arthritis, Diet, and Activity Promotion Trial. *Arthritis Rheum*. 2004; 50:1501-1510. DOI: 10.1002/art.20256.
9. Turk D.C., Wilson H.D., Cahana A. Treatment of chronic non-cancer pain. *Lancet*. 2011;377:2226-2235. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60402-9.
10. Pak J., Lee J.H., Park K.S., Park M., Kang L.W., Lee S.H. Current use of autologous adipose tissue-derived stromal vascular fraction cells for orthopedic applications. *J Biomed Sci*. 2017;24(1):9. DOI: 10.1186/s12929-017-0318-z.
11. Sato M., Uchida K., Nakajima H., Miyazaki T., Guerrero A.R., Watanabe S., Roberts S., Baba H. Direct transplantation of mesenchymal stem cells into the knee joints of Hartley strain guinea pigs with spontaneous osteoarthritis. *Arthritis Res Ther*. 2012;14:R31. DOI: 10.1186/ar3735.
12. Black L.L., Gaynor J., Gahring D., Adams C., Aron D., Harman S., Gingerich D.A., Harman R. Effect of adipose-derived mesenchymal stem and regenerative cells on lameness in dogs with chronic osteoarthritis of the coxofemoral joints: a randomized, double-blinded, multicenter, controlled trial. *Vet Ther*. 2007;8:272-284.
13. Koga H., Shimaya M., Muneta T., Nimura A., Morito T., Hayashi M., Suzuki S., Ju Y.J., Mochizuki T., Sekiya I. Local adherent technique for transplanting mesenchymal stem cells as a potential treatment of cartilage defect. *Arthritis Res Ther*. 2008;10:R84. DOI: 10.1186/ar2460.
14. Strioga M., Viswanathan S., Darinskas A., Slaby O., Michalek J. Same or not the same? Comparison of adipose tissue-derived versus bone marrow-derived mesenchymal stem and stromal cells. *Stem Cells Dev*. 2012;21:2724-2752. DOI: 10.1089/scd.2011.0722.
15. Centeno C.J., Schultz J.R., Cheever M., Freeman M., Faulkner S., Robinson B., Hanson R. Safety and complications reporting update on the re-implantation of culture-expanded mesenchymal stem cells using autologous platelet lysate technique. *Curr Stem Cell Res Ther*. 2011; 6:368-378. DOI: 10.2174/157488811797904371.
16. Zuk P.A., Zhu M., Ashjian P. Human adipose tissue is a source of multipotent stem cells. *Mol Biol Cell*. 2002;13:4279-4295. DOI: 10.1091/mbc.E02-02-0105.
17. Yoshimura K., Suga H., Eto H. Adipose-derived stem/progenitor cells: roles in adipose tissue remodeling and potential use for soft tissue augmentation. *Regen Med*. 2009;4:265-273. DOI: 10.2217/17460751.4.2.265.
18. Bui K.H., Duong T.D., Nguyen T.N., Nguyen T.D., Le V.T., Mai V.T., Phan N.L., Le D.M., Ngoc N.K., Phan P.V. Symptomatic knee osteoarthritis treatment using autologous adipose derived stem cells and platelet-rich plasma: a clinical study. *Biomed Res Ther*. 2014;1:2-8. DOI: 10.7603/s40730-014-0002-9.
19. Koh Y.G., Choi Y.J., Kwon S.K., Kim Y.S., Yeo J.E. Clinical results and second-look arthroscopic findings after treatment with adipose-derived stem cells for knee osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 23(5):1308-1316. DOI: 10.1007/s00167-013-2807-2.
20. Zuk P.A., Zhu M., Muzino H., Huang J., Futrell J.W., Katz A.J., Benhaim P., Lorenz H.P., Hedrick M.H. Multilineage cells from human adipose tissue: implication for cell-based therapies. *Tissue Eng*. 2001;7(2):211-228. DOI: 10.1089/107632701300062859.
21. Vangsness C.T., Farr J., Boyd J., Dellaero D.T., Mills C.R., LeRoux-Williams M. Adult human mesenchymal stem cells delivered via intra-articular injection to the knee following partial medial meniscectomy: a randomized, double-blind, controlled study. *J Bone Joint Surg Am*. 2014; 96:90-98. DOI: 10.2106/JBJS.M.00058.
22. Bernardo M.E., Locatelli F., Fibbe W.E. Mesenchymal stromal cells: a novel treatment modality for tissue repair. *Ann N Y Acad Sci*. 2009;1176:101-117. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04607.x
23. Guilak F., Awad H.A., Fermor B., Leddy H.A., Gimple J.M. Adipose-derived adult stem cells for cartilage tissue engineering. *Biorheology*. 2004;41:389-399.
24. Murphy J.M., Fink D.J., Hunziker E.B., Barry F.P. Stem cell therapy in a caprine model of osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2003;48:3464-3474. DOI: 10.1002/art.11365.
25. Cole B.J., Karas V., Hussey K., Pilz K., Fortier L.A. Hyaluronic Acid Versus Platelet-Rich Plasma: A Prospective, Double-Blind Randomized Controlled Trial Comparing Clinical Outcomes and Effects on Intra-articular Biology for the Treatment of Knee Osteoarthritis. *Am J Sports Med*. 2017;45(2):339-346. DOI: 10.1177/0363546516665809.
26. Goncars V., Jakobsons E., Blums K., Briede I., Patetko L., Erglis K., Erglis M., Kalnberzs K., Muiznieks I., Erglis A. The comparison of knee osteoarthritis treatment with single-dose bone marrow-derived mononuclear cells vs. hyaluronic acid injections. *Medicina (Kaunas)*. 2017; 53(2):101-108. DOI: 10.1016/j.medic.2017.02.002.
27. de Girolamo L., Grassi M., Viganò M., Orfei C.P., Montrasio U.A., Uselli F. Treatment of achilles tendinopathy with autologous adipose-derived stromal vascular fraction: results of a randomized prospective clinical trial. *Orthop J Sports Med*. 2016;4(7 suppl 4): 2325967116S00128. DOI: 10.1177/2325967116S00128.
28. Lee S.Y., Kim W., Lim C., Chung S.G. Treatment of lateral epicondylitis by using allogeneic adipose-derived mesenchymal stem cells: a pilot study. *Stem Cells*. 2015; 33(10):2995-3005. DOI: 10.1002/stem.2110.

29. Yubo M., Yanyan L., Li L., Tao S., Bo L., Lin C. Clinical efficacy and safety of mesenchymal stem cell transplantation for osteoarthritis treatment: A meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(4):e0175449. DOI: 10.1371/journal.pone.0175449.
30. Nakagami H., Maeda K., Morishita R., Iguchi S., Nishikawa T., Takami Y., Kikuchi Y., Saito Y., Tamai K., Ogihara T., Kaneda Y. Novel autologous cell therapy in ischemic limb disease through growth factor secretion by cultured adipose tissue-derived stromal cells. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2005;25(12):2542-2547. DOI: 10.1161/01.ATV.0000190701.92007.6d.
31. Cai L., Johnstone B.H., Cook T.G., Liang Z., Traktuev D., Cornetta K., Ingram D.A., Rosen E.D., March K.L. Suppression of hepatocyte growth factor production impairs the ability of adipose-derived stem cells to promote ischemic tissue revascularization. *Stem Cells*. 2007; 25(12):3234-3243. DOI: 10.1634/stemcells.2007-0388.
32. Mizuno K., Muneta T., Morito T., Ichinose S., Koga H., Nimura A., Mochizuki T., Sekiya I. Exogenous synovial stem cells adhere to defect of meniscus and differentiate into cartilage cells. *J Med Dent Sci*. 2008;55(1): 101-111.
33. Ong E., Chimutengwende-Gordon M., Khan W. Stem cell therapy for knee ligament, articular cartilage and meniscal injuries. *Curr Stem Cell Res Ther*. 2013;8(6):422-428.
34. Caplan A.I., Dennis J.E. Mesenchymal stem cells as trophic mediators. *J Cell Biochem*. 2006;98(5):1076-1084. DOI: 10.1002/jcb.20886.
35. Yeo R.W.Y., Lai R.C., Tan K.H., Lim S.K. Exosome: A novel and safer therapeutic refinement of mesenchymal stem cell. *Exosomes Microvesicles*. 2013;1(7):1-12. DOI: 10.5772/57460.
36. Еремин И.И., Бозо И.Я., Воложин Г.А., Деев Р.В., Рожков С.И., Еремин П.С., Комлев В.С., Зорин В.Л., Пулин А.А., Тимашков Д.А., Витько Н.К., Котенко К.В. Биологическое действие тканеинженерных костных графтов из трикальция фосфата и мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток в ортопедических условиях in vivo. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2015;(4):144-150.
37. Еремин И.И., Бозо И.Я., Воложин Г.А., Деев Р.В., Рожков С.И., Еремин П.С., Комлев В.С., Зорин В.Л., Пулин А.А., Тимашков Д.А., Витько Н.К., Котенко К.В. Возможности применения тканеинженерных костных графтов в челюстно-лицевой хирургии. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2015;(4):151-157.
38. Domergue S., Bony C., Maumus M., Toupet K., Frouin E., Rigau V., Vozenin M.C., Magalon G., Jorgensen C., Noël D. Comparison between stromal vascular fraction and adipose mesenchymal stem cells in remodeling hypertrophic scars. *PLoS One*. 2016;11(5):e0156161. DOI: 10.1371/journal.pone.0156161.
39. Dykstra J.A., Facile T., Patrick R.J., Francis K.R., Milanovich S., Weimer J.M., Kota D.J. Concise review: fat and furious: harnessing the full potential of adipose-derived stromal vascular fraction. *Stem Cells Transl Med*. 2017;6(4):1096-1108. DOI: 10.1002/sctm.16-0337.
40. Yoshimura K., Sato K., Aoi N., Kurita M., Hirohi T., Harii K. Cell-Assisted Lipotransfer for Cosmetic Breast Augmentation: Supportive Use of Adipose-Derived Stem/Stromal Cells. *Aesthetic Plast Surg*. 2008;32(1):48-55. DOI: 10.1007/s00266-007-9019-4.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Смышляев Иван Александрович* — врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ; аспирант ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

*Гильфанов Сергей Ильсверович* — д-р мед. наук, профессор, зав. отделением травматологии и ортопедии ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ; зав. кафедрой травматологии и ортопедии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ; профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

*Копылов Вадим Анатольевич* — канд. мед. наук, зав. операционным блоком, врач травматолог-ортопед высшей категории, ГАУЗ ГКБ № 4 г. Оренбурга;

*Гильмутдинов Ринат Гантрауфович* — канд. мед. наук, главный врач ГБУЗ «Оренбургская областная станция переливания крови», г. Оренбурга

*Пулин Андрей Алексеевич* — канд. мед. наук, зав. лабораторией клеточных технологий Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Ivan A. Smyshlyaev* — Orthopedic Surgeon, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation; Graduate Student, Central State Medical Academy, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Sergey I. Gilfanov* — Dr. Sci. (Med.), professor, Head of the Traumatology and Orthopedics Department, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation; Head of Chair of Traumatology and Orthopedics, Central State Medical Academy, Administrative Department of the President of the Russian Federation; Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

*Vadim A. Kopylov* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Surgical Department, Orenburg City Clinical Hospital N 4, Orenburg, Russian Federation

*Rinat G. Gilmutdinov* — Cand. Sci. (Med.), Chief Medical Officer, Orenburg Regional Clinical Donor Blood Center, Orenburg, Russian Federation

*Andrey A. Pulin* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Cell Technologies of the Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Корсаков Иван Николаевич* — канд. мед. наук, зав. лабораторией тканевой инженерии Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Гилмутдинова Ильмира Ринатовна* — канд. мед. наук, врач-трансфузиолог Криобанка Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Петрикина Анастасия Петровна* — врач клинической лабораторной диагностики лаборатории клеточных технологий Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Еремин Петр Серафимович* — биолог лаборатории клеточных технологий Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Крючкова Оксана Валентиновна* — канд. мед. наук, зав. отделением рентгеновской диагностики и томографии ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Абельцев Владимир Петрович* — д-р мед. наук, профессор, зав. отделением травматологии и ортопедии ФГБУ «Объединенная больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Загородний Николай Васильевич* — д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

*Зорин Вадим Леонидович* — канд. биол. наук, биолог лаборатории клеточных технологий Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

*Васильев Вячеслав Сергеевич* — канд. мед. наук, ассистент кафедры пластической хирургии и косметологии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск

*Путынин Дмитрий Юрьевич* — главный врач ГАУЗ «Городская клиническая больница № 4» г. Оренбурга

*Еремин Илья Игоревич* — канд. мед. наук, начальник Центра биомедицинских технологий ФГБУ «ЦКБ с поликлиникой» Управления делами Президента РФ; доцент кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья, восстановительной медицины и медицинской реабилитации ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

*Ivan N. Korsakov* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Tissue Engineering of the Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation; Moscow, Russian Federation

*Ilmira R. Gilmutdinova* — Cand. Sci. (Med.), transfusiologist of Cryobank of the Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Anastasiya P. Petrikina* — Laboratory Diagnostics Laboratory of Cell Technologies of the Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Petr S. Eremin* — Biologist of Laboratory of Cell Technologies of the Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Oksana V. Kruchkova* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of X-ray Diagnostics and Tomography, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Vladimir P. Abeltsev* — Dr. Sci. (Med.), professor Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Joined Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Nikolay V. Zagorodniy* — Dr. Sci. (Med.), professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

*Vadim L. Zorin* — Cand. Sci. (Biol.), Biologist of Laboratory of Cell Technologies of the Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

*Vyacheslav S. Vasilyev* — Cand. Sci. (Med.), Assistant of the Department of Plastic Surgery and Cosmetology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

*Dmitry Yu. Pupyin* — Chief Medical Officer, Orenburg City Clinical Hospital N 4, Orenburg, Russian Federation

*Ilya I. Eremin* — Cand. Sci. (Med.), Head of Center for Biomedical Technologies, Central Clinical Hospital with Outpatient Health Center, Administrative Department of the President of the Russian Federation; Assistant Professor, Department of Health Organization and Public Health, Restorative Medicine and Medical Rehabilitation, Central State Medical Academy, Administrative Department of the President of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

# Результаты трансфораминальной эндоскопической дискэктомии при грыжах межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника

И.В. Волков<sup>1,2</sup>, И.Ш. Карабаев<sup>2</sup>, Д.А. Пташников<sup>1,4</sup>, Н.А. Коновалов<sup>3</sup>, К.А. Поярков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России  
Ул. Оптиков, д. 54, Санкт-Петербург, 197345, Россия

<sup>3</sup> ФГАУ «Национальный научно-практический центр нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко» Минздрава России  
4-я Тверская-Ямская улица, д. 16, Москва, 125047, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России  
Ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, 191015, Россия

## Реферат

**Актуальность.** Эндоскопическая дискэктомия завоевывает все большую популярность в связи с наименьшей травматичностью доступа. Существует дефицит научных работ, анализирующих возможности ее применения в зависимости от особенностей анатомии позвоночника и дегенеративно-дистрофических изменений.

**Цель исследования** — оценить эффективность трансфораминальной эндоскопической дискэктомии в сравнении с открытой дискэктомией, а также определить факторы, влияющие на развитие осложнений и неудовлетворительные результаты.

**Материал и методы.** Выполнено рандомизированное контролируемое когортное исследование. В основную группу были включены данные проспективного исследования 101 пациента, прооперированных по поводу грыж межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника с использованием трансфораминальной эндоскопической дискэктомии. Возраст пациентов варьировал от 19 до 81 года, в среднем составил  $41,4 \pm 12,6$  лет. В контрольную группу вошли данные ретроспективного обследования 153 пациентов, оперированных тем же хирургом в 2013–2014 гг. в объеме микродискэктомии. Возраст пациентов варьировал от 18 до 77 лет, в среднем —  $47,8 \pm 11,3$  лет. Критерием включения в исследование являлось хирургическое вмешательство на одном уровне по поводу первичной грыжи МПД. Критерии исключения: дегенеративный стеноз позвоночного канала, спондилолиз, деформация позвоночника.

**Результаты.** Клинические результаты эндоскопической дискэктомии не отличались от результатов микродискэктомии. Факторов, значимо влияющих на результаты оперативного лечения в обеих группах, не выявлено. В основной группе было больше повторных операций и конверсий эндоскопических вмешательств в открытые (13,9%). Это связано с ошибками выполнения трансфораминального доступа вследствие конституциональных особенностей анатомии межпозвонковых суставов и отверстий, в результате которого визуализация и адекватная декомпрессия позвоночного канала были невозможны.

**Выводы.** Трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия является эффективным и безопасным методом хирургического лечения межпозвонковых грыж поясничного отдела позвоночника. Осложнения и неудачные результаты оперативного лечения во время освоения эндоскопической хирургии определяются недостатками хирургической техники, а также ошибками в планировании и выполнении трансфораминального доступа. Особенности конституции позвоночника в виде гипер- или гиполордоза с характерными изменениями анатомии фасеточных суставов и межпозвонковых отверстий опеределают технические трудности при трансфораминальном доступе.

**Ключевые слова:** грыжа диска, дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, эндоскопическая дискэктомия.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-32-42.

 Волков И.В., Карабаев И.Ш., Пташников Д.А., Коновалов Н.А., Поярков К.А. Результаты трансфораминальной эндоскопической дискэктомии при грыжах межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):32-42. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-32-42.

**Cite as:** Volkov I.V., Karabaev I.Sh., Ptashnikov D.A., Kononov N.A., Poyarkov K.A. [Outcomes of Transforaminal Endoscopic Discectomy for Lumbosacral Disc Herniation]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3): 32-42. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-32-42.

 Волков Иван Викторович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Ivan V. Volkov. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation; e-mail: ivanvolkov@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 20.08.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 10.09.2017.

## Outcomes of Transforaminal Endoscopic Discectomy for Lumbosacral Disc Herniation

I.V. Volkov<sup>1,2</sup>, I.Sh. Karabaev<sup>2</sup>, D.A. Ptashnikov<sup>1,4</sup>, N.A. Kononov<sup>3</sup>,  
K.A. Poyarkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation

<sup>2</sup> Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine  
54, ul. Optikov, St. Petersburg, 197345, Russian Federation

<sup>3</sup> Burdenko National Scientific and Practical Centre for Neurosurgery  
16, 4-ya Tverskaya-Yamskaya ul., Moscow, 125047, Russian Federation

<sup>4</sup> Mechnikov North-Western State Medical University  
41, Kirochnaya ul., St. Petersburg, 191015, Russian Federation

### Abstract

**Introduction.** Lumbar disc herniation is a frequent pathology and surgical target. Endoscopic discectomy becomes more popular due to minimally invasive surgical technique. There is a deficit of scientific papers dedicated to analysis of potential for endoscopic discectomy depending on the specifics of spinal anatomy and degenerative changes.

**The purpose of the study** was to evaluate the efficacy of transforaminal endoscopic discectomy (TED) in comparison with microdiscectomy (MD) and to specify factors determining complications and failures.

**Materials and methods.** The authors performed randomized controlled study where main group of patients included data on prospective examination of 101 patients after TED procedure for lumbar intervertebral disc herniation. Age of patients ranged from 19 to 81 years with average of  $41,4 \pm 12,6$  years. Control group included data of retrospective examination of 153 patients that were operated by the same surgeon in the period from 201 till 2104 with microdiscectomy procedure. Age of patients ranged from 18 to 77 years with average of  $47,8 \pm 11,3$  years. Inclusion criteria were as follows: surgical procedure at the same level of the primary intervertebral herniation. Exclusion criteria were: degenerative spinal canal stenosis, spondylolisthesis, spine deformity.

**Results.** Clinical outcomes after TED demonstrated no difference from MD procedure. No factors of significant influence on outcomes after surgical procedure were observed. The main group was characterized by more cases of revisions and conversions of endoscopic into open procedures (13,9%) which was related to mistakes in transforaminal approach due to features of intervertebral joints and foramina anatomy resulting in impossibility to achieve adequate spinal canal decompression.

**Conclusion.** Transforaminal endoscopic discectomy is an effective and safe method of lumbar intervertebral herniation treatment. Complications and failures during learning curve of endoscopic procedure are associated with technique drawbacks as well as with mistakes in planning and performing the approach. Congenital alignment of lumbar spine with specific patterns of facets and foramina anatomy dictate technical difficulties with transforaminal approach.

**Keywords:** disc herniation, endoscopic discectomy, minimally invasive spine surgery.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-32-42.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

### Введение

История развития спинальной эндоскопии тесно связана с именем американского ортопеда иранского происхождения Р. Камбин. В 1973 г. он начал практиковать заднебоковой доступ к смежному межпозвонковому диску (МПД), используя канюлю для биопсии во время открытого вмешательства. С ее помощью производилось механическое удаление части пульпозного ядра. В середине 1980-х гг. им же был разработан оригинальный инструмент для пункционного доступа и описана зона безопасного входа в МПД, получившая название «треугольник Камбина». В 1991 г. Р. Камбин предложил методики артро-

скопической дискэктомии и эндоскопического заднего межтелового спондилодеза, затем в 1994 г. — оригинальный порт для интерламнарного доступа, а в 1996 г. разработал принципы эндоскопической декомпрессии дегенеративного стеноза позвоночного канала [1].

Благодаря дальнейшим работам эндоскопическая хирургия в настоящий момент заняла прочные позиции в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника (ДДЗП), конкурируя с микрохирургией [2–6]. Нельзя не упомянуть работы Т.Г. Обенчайн, Р.Дж. Коннолли с соавторами и М.Дж. Макк с соавторами [7–9], посвященные торакоскопическим

и лапароскопическим методикам хирургии позвоночника. В России разработкой и популяризацией эндоскопических технологий занимались С.В. Люлин, А.В. Басков, И.А. Борщенко, А.О. Гуца, И.Н. Шевелев, С.О. Арестов [10–14].

Для хирургического лечения грыж МПД и дегенеративного стеноза позвоночного канала используются два принципиально разных варианта эндоскопических операций. Микроэндоскопическая дискэктомия подразумевает интерламинарный доступ при помощи тубулярного ретрактора с использованием тех же хирургических инструментов и приемов, что и для микродискэктомии, только для визуализации используется эндоскоп.

При эндоскопической или артроскопической дискэктомии используется жесткий эндоскоп с рабочим каналом в условиях постоянной ирригации физиологическим раствором, что обеспечивает меньший травматизм доступа (диаметр эндоскопа не превышает 10 мм). Исторически первым был предложен заднебоковой доступ, когда рабочая канюля вводилась непосредственно в полость МПД и производилось удаление массы пульпозного ядра [15–17]. Предпосылкой к развитию интерламинарной эндоскопической дискэктомии стало наличие технических трудностей при заднебоковом доступе к промежутку LV-SI у мужчин с высоким стоянием гребня подвздошных костей и наименьшим размером межпозвоноковых отверстий [4, 18, 19]. Интерламинарный доступ к другим уровням, в том числе в случаях дегенеративного стеноза позвоночного канала, стал возможным в результате совершенствования эндоскопических шейверных систем и появления эндоскопов с рабочим каналом 5 мм, через который стало возможно заведение костных кусачек.

Третьим вариантом эндоскопической дискэктомии является трансфораминальный доступ в позвоночный канал, что позволяет также полностью контролировать нервные структуры и оценивать полноту их декомпрессии. Попытки медиализации доступа в МПД для частичной визуализации позвоночного канала начали производиться параллельно с развитием заднебокового доступа, однако значительным его ограничением у части пациентов являлся верхний суставной отросток [17, 20, 21]. M.N. Savitz с соавторами [22] и A.T. Yeung с соавторами [23] предлагали использовать для фораминопластики лазерное излучение, высокочастотную абляцию, но это позволяло уменьшить в размерах лишь мягкие ткани. Полноценный трансфораминальный доступ стал возможен лишь при появлении техноло-

гий, позволяющих расширять межпозвоноковое отверстие. В 2005 г. M. Schubert и T. Hooland предложили использовать для этого корончатую фрезу — ример [24]. Появление эндоскопических шейверных систем позволило резецировать костные структуры при помощи бора под визуальным контролем.

В доступной литературе мы не нашли подробного анализа причин неудовлетворительных результатов эндоскопической трансфораминальной дискэктомии и факторов, влияющих на прогноз вмешательства, что и обусловило необходимость проведения этого исследования.

## Материал и методы

### Дизайн исследования

Выполнено рандомизированное контролируемое когортное исследование в период с 2015 по 2016 г.

В основную группу были включены данные проспективного исследования 101 пациента, прооперированных по поводу грыж межпозвоноковых дисков поясничного отдела позвоночника с использованием метода трансфораминальной эндоскопической дискэктомии. Возраст пациентов варьировал от 19 до 81 года, в среднем составил  $41,4 \pm 12,6$  лет. Мужчин было 58, женщин — 43 (57,4 и 42,6% соответственно).

В контрольную группу вошли данные ретроспективного обследования 153 пациентов, оперированных тем же хирургом в 2013–2014 гг. методом микродискэктомии. Возраст пациентов варьировал от 18 до 77 лет, в среднем составил  $47,8 \pm 11,3$  лет. Мужчин было 75, женщин — 78 (49 и 51% соответственно).

### Критерии соответствия

Критерием включения в исследование являлось хирургическое вмешательство на одном уровне по поводу первичной грыжи МПД.

Критерии исключения: дегенеративный стеноз позвоночного канала, спондилолистез, деформация позвоночника.

### Техника операции

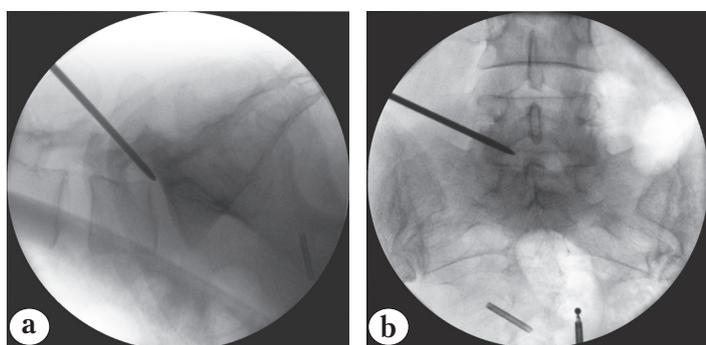
Эндоскопическое вмешательство проводилось под общей анестезией с интубацией трахеи в положении пациента лежа на животе на раме Wilson. После предварительной разметки под флюороскопическим контролем выбиралась оптимальная траектория проведения инструментов. В большинстве случаев доступ осуществлялся на расстоянии 12–14 см от линии остистых отростков на уровне  $L_V-S_I$ , 10–12 см — на уровне  $L_{IV}-L_V$ , 6–8 см —

на вышележащих уровнях. В прямой проекции при планировании учитывалась локализация грыжевого выпячивания с учетом положения гребня подвздошной кости. Так, при каудальной миграции и/или латеральном положении траектория доступа становилась более крутой в коронарной плоскости, при краниальной миграции и/или медиальной локализации — более пологой. В боковой проекции условная линия доступа должна была пересекать задне-верхний край тела нижележащего позвонка и верхушку верхнего суставного отростка. Установка пункционной иглы, гибкого проводника, последовательное проведение дилата-

торов и рабочей канюли осуществляли также под прямым и боковым флюороскопическим контролем. Целью было соприкосновение инструмента с МПД в позвоночном канале в субарткулярной зоне по медиальной педикулярной линии (рис. 1).

Во время проведения дилататоров при их упоре в верхний суставной отросток нижележащего позвонка использовались корончатые фрезы для краевой резекции кости (рис. 2).

На последнем этапе доступа устанавливали рабочую канюлю, также строго трансфораминально в позвоночный канал, а не в МПД (рис. 3).

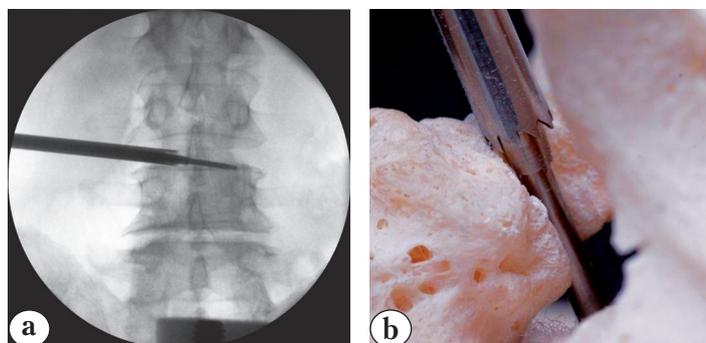


**Рис. 1.** Дилататор установлен через межпозвонковое отверстие до соприкосновения с МПД:

а – интраоперационная рентгенограмма в боковой проекции;  
б – в прямой проекции

**Fig. 1.** Dilator introduce into intravertebral foramen until contact with intervertebral disc:

а – intraoperative x-ray, lateral view;  
б – AP view

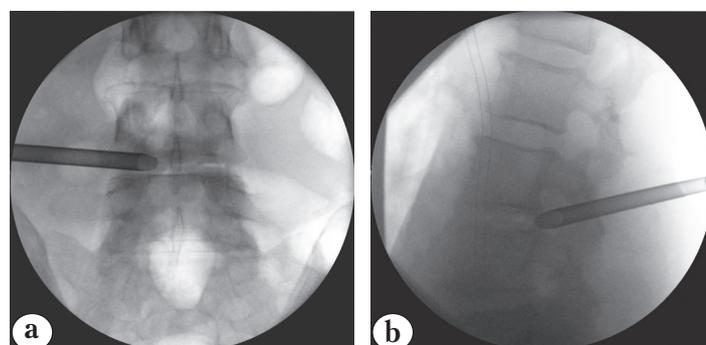


**Рис. 2.** Использование корончатой фрезы для резекции костной ткани во время доступа:

а – интраоперационная рентгенограмма в прямой проекции;  
б – на модели позвоночника

**Fig. 2.** Crown milling cutter used for bone resection during approach:

а – intraoperative x-ray in AP view;  
б – on spine model



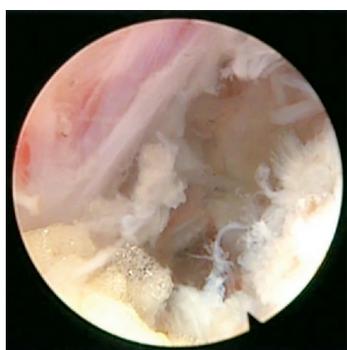
**Рис. 3.** Рабочая канюля установлена в позвоночный канал:

а – интраоперационная рентгенограмма в прямой проекции;  
б – в боковой проекции

**Fig. 3.** Working canulla is placed into spinal canal:

а – intraoperative x-ray in AP view;  
б – lateral view

При необходимости для дополнительного расширения межпозвоночного отверстия использовали эндоскопическую шейверную систему с алмазным бором под визуальным контролем. После установки фораминоскопа проводили ревизию эпидурального пространства, удаление свободных и/или фрагментов МПД, ревизию полости МПД, коагуляцию фиброзного кольца и задней продольной связки для уменьшения их в объеме при необходимости с помощью биполярной коагуляции (рис. 4). Гемостаз осуществлялся биполярной коагуляцией и увеличением давления жидкости. Для ушивания раны применяли одиночный кожный шов. Пациента выписывали на следующий день при отсутствии осложнений.



**Рис. 4.** Интраоперационная фотография структур позвоночного канала после удаления грыжи МПД

**Fig. 4.** Intraoperative image of spinal canal structures after intervertebral herniation removal

Микродискэктомия осуществляли с использованием операционного микроскопа и тубулярной ретракторной системы с диаметром порта 16 мм. Производилась максимально экономная резекция костных структур в объеме ламинотомии, при необходимости — медиальной фасетэктомии, а также ограниченная резекция желтой связки. После ревизии эпидурального пространства осуществлялось удаление элементов МПД, вызывающих компрессию корешкового нерва. Агрессивный кюретаж диска не применялся ни в одном случае.

#### *Исходы лечения*

Оценка клинической эффективности выполненных оперативных вмешательств производилась на основе анализа динамики болевого синдрома по цифровой шкале боли NRS-11 и нарушения жизнедеятельности из-за боли в спине по индексу Освестри (Oswestry Disability Index). Опрос пациентов производился до операции и через год после ее выполнения.

По данным истории болезни и дооперационных МРТ учитывались и анализировались следующие факторы: вид и локализация грыжи МПД по рекомендациям Американской ассоциации нейрорадиологов [25], степень дегенерации оперируемого МПД по С.W. Pfirman с соавторами [26], степень дегенеративных изменений костной ткани в оперируемом и смежных сегментах по М.Т. Modic с соавторами [27], наличие сакрализации или люмбализации, наличие и степень фораминального стеноза по S. Lee [28] (только для основной группы). Для основной группы пациентов дополнительно выполнялся анализ спондилографии пояснично-крестцового отдела позвоночника в положении стоя с расчетом показателей PI, SS, PT, LL и определением типа тазово-спинальных отношений по P. Roussouly [29].

Также учитывались осложнения после хирургического вмешательства, неудачи оперативного лечения (конверсия эндоскопического вмешательства в открытое, ревизионная операция в сроки до 3 мес. после первичной), повторные оперативные вмешательства при рецидиве грыжи МПД в сроки более 3 мес. с момента выполнения первичного оперативного вмешательства.

#### *Статистическая обработка данных*

Анализировалось влияние перечисленных выше факторов на результат хирургического вмешательства в основной и контрольной группах, а также их связь с развитием у пациентов рецидивов грыж МПД и ревизионными вмешательствами. Проверка соответствия эмпирических законов распределения используемых показателей выявила значимое отличие их от теоретического закона нормального распределения по критерию Колмогорова — Смирнова ( $p < 0,05$ ). Для статистического описания этих показателей использовались медиана и межквартильный интервал (Me [25%;75%]), а для проверки статистических гипотез — непараметрические методы анализа, широко освещенные в литературе. Среди них оценка значимости различий количественных показателей в независимых и связанных выборках по U-критерию Манна — Уитни и критерию Уилкоксона, а также оценка степени влияния качественного фактора на дисперсию количественных показателей с использованием дисперсионного рангового метода ANOVA теста Крускала — Уолиса.

#### *Этическая экспертиза*

Исследование одобрено локальным этическим комитетом (ФГБУ «ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова» МЧС России). Все пациенты, включенные в исследование, дали письменное информированное согласие.

### Результаты

Данные, полученные при анализе исследуемых групп перед операцией, представлены в таблице 1.

После оперативного вмешательства произошло статистически значимое ( $p = 0,001$ ) снижение исследуемых показателей в обеих группах. Значимых различий в результатах оперативного лечения между группами не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Проведенный статистический анализ не выявил значимой связи между учитываемыми факторами и конечными результатами хирургического лечения.

Послеоперационные показатели по шкалам NRS-11 и ODI, а также сведения об имевших место осложнениях и особенностях оперативного лечения представлены в таблице 2.

Таблица 1/Table 1

**Предоперационные характеристики исследуемых групп пациентов**  
**Preoperative characteristics of patient groups**

Признак	Основная группа ( $n = 101$ )	Контрольная группа ( $n = 153$ )
NRS-11, Me [25%;75%]	6 [4;8]	5 [3;7]
ODI, Me [25%;75%]	47 [30;64]	48 [32;54]
Уровень L <sub>1</sub> /L <sub>2</sub>	3 (2,97%)	–
Уровень L <sub>2</sub> /L <sub>3</sub>	2 (1,98%)	–
Уровень L <sub>3</sub> /L <sub>4</sub>	6 (5,9%)	9 (5,9%)
Уровень L <sub>4</sub> /L <sub>5</sub>	52 (51,5%)	69 (45,1%)
Уровень L <sub>5</sub> /S <sub>1</sub>	35 (34,7%)	64 (41,8%)
Протрузия МПД	21 (20,8%)	43 (28,1%)
Экструзия МПД	80 (79,2%)	110 (71,9%)
Миграция секвестра МПД	17 (16,8%)	34 (22,2%)
Срединная грыжа МПД	29 (28,7%)	48 (31,3%)
Заднебоковая грыжа МПД	55 (54,5%)	89 (58,2%)
Фораминальная грыжа МПД	14 (13,9%)	16 (10,5%)
Экстрафораминальная грыжа МПД	3 (2,9%)	–
II степень дегенерации МПД	4 (3,9%)	–
III степень дегенерации МПД	51 (50,5%)	68 (44,4%)
IV степень дегенерации МПД	43 (42,6%)	60 (39,2%)
V степень дегенерации МПД	13 (12,9%)	25 (16,4%)
Modic I	17 (16,8%)	31 (20,3%)
Modic II	24 (23,8%)	42 (27,5%)
Фораминальный стеноз	19 (18,8%)	–
Переходный позвонок	3 (2,97%)	11 (7,2%)
I тип осанки по P. Roussouly	9 (8,9%)	–
II тип осанки по P. Roussouly	37 (36,6%)	–
III тип осанки по P. Roussouly	44 (43,6%)	–
IV тип осанки по P. Roussouly	11 (10,9%)	–

**Послеоперационные характеристики исследуемых групп пациентов**  
**Postoperative characteristics of patient groups**

Признак	Основная группа (n = 101)	Контрольная группа (n = 153)	Значимость различий*
NRS-11, Ме [25%;75%]	2 [1;3]	3 [2;4]	$p > 0,05$
ODI, Ме [25%;75%]	25 [12;38]	17 [8;28]	$p > 0,05$
Повреждение ТМО**	3 (2,97%)	1 (0,6%)	–
Повреждение корешка	3 (2,97%)	0	–
Нарастание дефицита	3 (2,96%)	1 (0,6%)	–
Гематома	1 (1%)	1 (0,6%)	–
Конверсия	7 (6,9%)	–	–
Ревизионное вмешательство	7 (6,9%)	2 (1,3%)	–
Повторное вмешательство	3 (2,97%)	1 (0,6%)	–

\* Оценка значимости различий показателей между группами по критерию Уилкоксона.

\*\* ТМО – твердая мозговая оболочка.

Нарастание неврологического дефицита отмечено только в одном случае в основной группе и было связано с очевидным повреждением корешка, у 2 пациентов дефицит регрессировал через 1 мес. после операции. В основной группе случай образования гематомы (забрюшинной) не потребовал вмешательства, в контрольной группе вследствие образования эпидуральной гематомы была выполнена ревизия. Ревизионные вмешательства у всех пациентов основной группы производились по поводу сохраняющегося болевого синдрома, обусловленного неполным удалением грыжи МПД. Декомпрессии корешка во всех случаях были представлены открытыми вмешательствами. Конверсия доступа осуществлялась при неуверенности в полноценности декомпрессии и в 2 случаях из 7 была неоправданной. В 4 случаях из 7 конверсия производилась на надкрестцовом уровне и только в одном случае была связана с технической невозможностью доступа из-за особенности анатомии у пациента с переходным позвонком  $L_{V-L_V}$ . В остальных 3 случаях не удалось осуществить адекватный трансфораминальный доступ с визуализацией корешка, доступ осуществлялся через МПД. При вмешательстве на других уровнях конверсия была связана с невозможностью удаления секвестрированного фрагмента при его краниальной или каудальной миграции.

Таким образом, в подавляющем большинстве случаев (у 11 (10,9%)) пациентов неудача трансфораминальной эндоскопической дискэктомии определялась исключительно неадекватностью трансфораминального доступа.

По данным МРТ, у этих пациентов имелись особенности анатомии нижней части межпозвонкового отверстия в зоне предполагаемого входа эндоскопа: в 3 случаях из 11 – в виде уменьшения высоты межпозвонкового отверстия за счет значительного снижения высоты МПД и смещения основания верхнего суставного отростка в зону доступа (рис. 5).



**Рис. 5.** МРТ поясничного отдела позвоночника, сагиттальная проекция. Выраженное снижение высоты МПД  $L_{IV}-L_V$ ,  $L_V-S_1$  с уменьшением высоты межпозвонкового отверстия

**Fig. 5.** MRI image of lumbar spine, sagittal view. Significant shortage in height of intervertebral discs  $L_{IV}-L_V$  and  $L_V-S_1$  with narrowing of intervertebral foramen

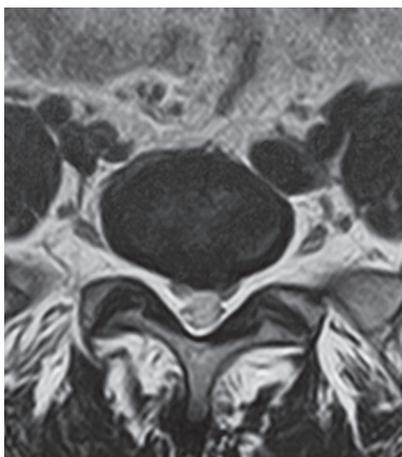
В 5 случаях из 11 имело место уменьшение передне-заднего размера нижней части отверстия при сагиттальном развороте фасеток в условиях поясничного гиперлордоза при I и IV типах осанки по P. Roussouly (рис. 6).

В 4 случаях из 11 на фоне разворота суставов во фронтальную плоскость в условиях гиполордоза при II типе осанки по P. Roussouly происходило увеличение расстояния между субартикулярной и экстрафораминальной зонами, то есть глубины межпозвонкового отверстия (рис. 7).



**Рис. 6.** МРТ поясничного отдела позвоночника, сагиттальная проекция. Уменьшение передне-заднего размера межпозвонкового отверстия

**Fig. 6.** MRI of lumbar spine, sagittal view. Narrowing of anteroposterior size of intervertebral foramen



**Рис. 7.** МРТ поясничного отдела позвоночника, аксиальная проекция. Увеличение глубины межпозвонкового отверстия

**Fig. 7.** MR tomography of lumbar spine, axial view. Increased depth of intervertebral foramen

Из-за этих врожденных и приобретенных изменений оптимальная траектория трансфораминального доступа вынуждена проходить через большее количество костной ткани, которую необходимо резецировать при доступе, в том числе с использованием эндоскопической шейверной системы.

### Обсуждение

К настоящему времени результаты применения эндоскопической дискэктомии, в том числе в сравнении с другими методами, представлены в большом количестве работ [10, 12, 30–32]. Клинические результаты в целом не отличаются от результатов открытой дискэктомии, однако сообщается о большей частоте рецидивов и ревизионных вмешательств после эндоскопии. Важной проблемой эндоскопических методик является продолжительность «кривой обучения», что может ухудшать результаты хирургического лечения на начальном этапе [33, 34].

Систематический обзор N. Smith с соавторами выявил четыре рандомизированных контролируемых исследования, посвященных сравнению микроэндоскопической дискэктомии и микродискэктомии [35]. Значимых различий в течении раннего послеоперационного периода, клинических результатах, частоте рецидивов и количестве осложнений выявлено не было.

Метаанализ, выполненный С. Birkenmaier с соавторами, выявил 504 работы, в которых оценивалась эффективность эндоскопической и открытой дискэктомии [31]. Статистически значимых различий в клинических результатах, частоте осложнений и рецидивов не было, различия имели место в выраженности послеоперационного болевого синдрома, сроках госпитализации и восстановлении трудоспособности.

В нашем исследовании эндоскопическая трансфораминальная дискэктомия показала свою эффективность в лечении корешкового болевого синдрома при грыжах МПД, сравнимую с эффективностью микродискэктомии в сроки до года с момента операции.

В нашем исследовании частота интраоперационных осложнений была больше по сравнению с другими работами. В публикациях И.А. Борщенко с соавторами [10, 36] количество всех осложнений достигало 3,8%, А.Т. Худяев с соавторами [13] сообщают об 1,7%, А.Т. Yaung и P.M. Tsou [21] — о 3,5%, S. Ruetten с соавторами [32] — об 1,5% осложнений. В нашем исследовании осложнения в основной группе составили 10,9% по сравнению с 1,3% в контрольной, однако большинство осложнений были бессимптомными, неврологический дефицит отмечался лишь у 3 (2,9%) пациентов. Из трех

случаев нарастания неврологического дефицита в виде картины изолированного страдания выходящего корешка только один был связан с прямым повреждением корешка, а остальные два возникли без очевидного повреждения на уровнях L<sub>II</sub>-L<sub>III</sub> и L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub>. Стоит отметить, что на верхних поясничных уровнях размеры межпозвонкового отверстия наибольшие, и повреждение выходящего корешка при доступе практически исключено. Скорее всего, избыточная боковая тракция корешка связана именно с чрезвычайно свободным перемещением эндоскопа в межпозвонковом отверстии. Y. Ahn с соавторами также сообщают о 8,9% неудовлетворительных результатов при вмешательствах на верхних поясничных уровнях [30]. Безусловно, имеющиеся осложнения связаны с кривой обучаемости и случались в дебюте самостоятельной хирургии, что соответствует данным других авторов, описывающих первый опыт использования эндоскопии [33, 34, 37].

Общая частота повторных вмешательств после трансфораминальной эндоскопической дискэктомии, по данным литературы, колеблется от 1,69 до 8,9% [10, 30, 32, 36–38]. Необходимо отметить, что во многих случаях ревизионные вмешательства осуществлялись по поводу корешкового болевого синдрома вследствие сохраняющейся компрессии резидуальной грыжей МПД. В настоящем исследовании у 14 (13,9%) пациентов оперативное лечение оказалось неудачным, они фактически были реоперированы открыто в результате конверсии или повторного вмешательства в ближайшее время после первичной операции, в результате чего и был достигнут конечный положительный результат.

Анализ ревизионных операций показал, что основная проблема во всех случаях заключалась также в неадекватном доступе в позвоночный канал, в результате чего сохранялся подвязочный и/или секвестрированный компонент грыжи МПД. Результатом такого доступа являлось невозможность адекватной визуализации позвоночного канала и, как следствие, невозможность контролировать полноту декомпрессии нервных структур, которая была достижима только в случаях сохранения связи выпавшего фрагмента с полостью МПД, когда он сначала вправлялся в МПД, а потом удалялся через введенную канюлю (так называемая техника inside-out). Использование изгибаемых кусачек незначительно улучшало погрешности доступа, удаление мигрировавших фрагментов было невозможным. Проблема технических аспектов трансфораминального доступа, по данным литературы, крайне актуальна. Предлагаются различные варианты расчетов траектории дос-

тупа, доступ через подвздошную кость, показаны возможности использования эндоскопических шейверных систем для фораминопластики [6, 19, 38–40]. Использование эндоскопической шейверной системы позволяет решить проблему неадекватного доступа за счет расширения межпозвонкового отверстия под контролем зрения, однако необходимо отметить относительно высокую стоимость одноразовых алмазных боров.

В настоящем исследовании выявлены определенные закономерности между конституциональными особенностями позвоночника, строением межпозвонковых суставов и отверстий, которые могут оказать помощь в предоперационном планировании. Тем не менее, для выявления значимой связи необходимы дальнейшие исследования с участием большего количества пациентов.

#### *Ограничения исследования*

Исследование выполнено на малом количестве пациентов, что не могло не отразиться на результатах статистического анализа данных. На исходы эндоскопических вмешательств значительное влияние оказывает «кривая обучения».

#### **Выводы**

Трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия является эффективным и безопасным методом хирургического лечения межпозвонковых грыж поясничного отдела позвоночника, сравнимым с открытой дискэктомией. Высокий уровень осложнений (10,9%) и неудачных (13,9%) результатов оперативного лечения в нашем исследовании определяются недостатками хирургической техники и ошибками в планировании и выполнении трансфораминального доступа во время периода освоения эндоскопической хирургии. Особенности конституции позвоночника в виде гипер- или гиполордоза с характерными изменениями анатомии фасеточных суставов и межпозвонковых отверстий позволяют прогнозировать технические трудности при трансфораминальном доступе и избежать неудачных результатов.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

#### **Литература / References**

1. Kambin P. History of Surgical Management of Herniated Lumbar Discs from Caution to Arthroscopic and Endoscopic Spinal Surgery. In: Arthroscopic and

- endoscopic spinal surgery: text and atlas. Totowa, NJ: Humana Press; 2005. pp. 1-29.
2. Foley K.T., Smith M.M. Microendoscopic discectomy. *Tech Neurosurg.* 1997;3(4):301-307.
  3. Savitz M.N. Same-day microsurgical arthroscopic lateral-approach laser-assisted (SMALL) fluoroscopic discectomy. *J Neurosurg.* 1994;80(6):1039-1045. DOI: 10.3171/jns.1994.80.6.1039.
  4. Ruetten S., Komp M., Merk H., Godolias G. Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach. *J Neurosurg Spine.* 2007;6(6):521-530. DOI: 10.3171/spi.2007.6.6.521.
  5. Destandau J. A special device for endoscopic surgery of lumbar disc herniation. *Neurol Res.* 1999;21(1):39-42. DOI: 10.1080/01616412.1999.11740889.
  6. Ahn Y., Lee S., Shin S. Percutaneous endoscopic cervical discectomy: clinical outcome and radiographic changes. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(4):362-368. DOI: 10.1089/pho.2005.23.362.
  7. Obenchain T.G. Laparoscopic lumbar discectomy: case report. *J Laparoendosc Surg.* 1991;1(3):145-149.
  8. Connolly P.J., Yuan H.A., Kolata R.J., Clem M.F. Endoscopic approach to the lumbar spine using the insufflation technique. In Atlas of endoscopic spine surgery (Regan, McAffe, Mack, eds.). St. Louis: Quality Medical Publishing; 1995. p. 345-349.
  9. Mack M.J., Regan J.J., Bobechko W.P., Acuff T.E. Application of thoracoscopy for disease of the spine. *Ann Thorac Surg.* 1993;56(3):736-738.
  10. Борщенко И.А., Мигачев С.Л., Древал О.Н., Басков А.В. Опыт чрескожной эндоскопической поясничной дискэктомии. Результаты и перспективы. *Нейрохирургия.* 2009;(4):25-34. Borschchenko I.A., Migachev S.L., Dreval O.N., Baskov A.V. [Our experience in transcutaneous endoscopic lumbar diskectomy. Results and possibilities]. *Neirokhirurgiya* [The Russian Journal of Neurosurgery]. 2009;(4):25-34. (in Russian).
  11. Гуца А.О., Арестов С.О. Эндоскопическая спинальная хирургия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 96 с. Gushcha A.O., Arestov S.O. Endoskopicheskaya spinal'naya khirurgiya [Endoscopic Spinal Surgery]. Moscow: GEOTAR-Media; 2010. 96 p.
  12. Гуца А.О., Шевелев И.Н., Арестов С.О. Опыт эндоскопических вмешательств при патологии позвоночника. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко. 2007;(2):26-32. Gushcha A.O., Shevelev I.N., Arestov S.O. [Experience of endoscopic interventions in the pathology of the spine]. Zhurnal "Voprosy neirokhirurgii" imeni N.N. Burdenko [Burdenko Journal of Neurosurgery]. 2007;(2):26-32. (in Russian).
  13. Худяев А.Т., Люлин С.В., Щурова Е.Н. Метод чрескожной эндоскопической дискэктомии при лечении больных с дегенеративно-дистрофическими поражениями поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2006;(2):16-21. Khudyaev A.T., Lyulin S.V., Shchurova E.N. [Percutaneous endoscopic discectomy for degenerative-dystrophic disease of the lumbar spine]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2006;(2):16-21. (in Russian).
  14. Шевелев И.Н., Гуца А.О., Коновалов Н.А., Арестов С.О. Использование эндоскопической дискэктомии по дестандо при лечении грыж межпозвоноковых дисков поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2008;(1):51-57. Shevelev I.N., Gushcha A.O., Konovalov N.A., Arestov S.O. [Destandau endoscopic discectomy in patients with lumbar intervertebral disc hernia]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine Surgery]. 2008;(1):51-57. (in Russian).
  15. Борщенко И.А., Басков А.В. Минимально инвазивная хирургия дегенеративного поражения поясничных межпозвоноковых дисков. *Нейрохирургия.* 2010;(1):65-71. Borschchenko I.A., Baskov A.V. [Minimally invasive surgery of patients with degenerative disease of lumbar intervertebral disks]. *Neirokhirurgiya* [The Russian Journal of Neurosurgery]. 2010;(1):65-71. (in Russian).
  16. Kambin P., Gennarelli T., Hermantin F. Minimally invasive techniques in spinal surgery: current practice. *Neurosurg Focus.* 1998;4(2):1-10. DOI: 10.3171/foc.1998.4.2.11.
  17. Yeung A.T., Tsou P.M. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine.* 2002;27(7):722-731. DOI: 10.1097/00007632-200204010-00009.
  18. Мерзоев А.М., Гуляев Д.А., Давыдов Е.А., Сингаевский С.Б., Пришвин А.П. Перкутанная эндоскопическая поясничная дискэктомия — интерламинарный доступ. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова.* 2017;(1):48-56. Merzhoev A.M., Gulyaev D.A., Davydov E.A., Singaevskii S.B., Prishvin A.P. [Percutaneous endoscopic lumbar discectomy — interlaminar approach]. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal im. professora A.L. Polenova* [Russian Neurosurgical Journal named after professor A.L. Polenov]. 2017;(1):48-56. (in Russian).
  19. Sairyo K., Higashino K., Yamashita K., Hayashi F., Wada K., Sakai T., Takata Y., Tezuka F., Morimoto M., Terai T., Chikawa T., Yonezu H., Nagamachi A., Fukui Y. A new concept of transforaminal ventral facetectomy including simultaneous decompression of foraminal and lateral recess stenosis: Technical considerations in a fresh cadaver model and a literature review. *J Med Invest.* 2017;64(1.2):1-6. DOI: 10.2152/jmi.64.1.
  20. Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С., Зеленков П.В., Оноприенко Р.А., Королишин В.А., Черкиев И.У., Мартынова М.А., Закиров Б.А., Тимонин С.Ю., Косырькова А.В., Пименова Л.Ф., Погосян А.Л., Батыров А.А. Современные методы лечения дегенеративных заболеваний межпозвоночного диска. Обзор литературы. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко. 2016;(4):102-108. Konovalov N.A., Nazarenko A.G., Asyutin D.S., Zelenkov P.V., Onoprienko R.A., Korolishin V.A., Cherkiev I.U., Martynova M.A., Zakirov B.A., Timonin S.Yu., Kosyr'kova A.V., Pimenova L.F., Pogosyan A.L., Batyrov A.A. [Modern treatments for degenerative disc diseases of the lumbosacral spine. A literature review]. *Zhurnal "Voprosy neirokhirurgii" im. N.N. Burdenko* [Burdenko Journal of Neurosurgery]. 2016;(4):102-108. DOI: 10.17116/neiro2016804102-108. (in Russian).
  21. Tsou P.M., Yeung A.T. Transforaminal endoscopic decompression for radiculopathy secondary to intracanal noncontained lumbar disc herniations: outcome and technique. *Spine J.* 2002;2(1):41-48. DOI: 10.1016/s1529-9430(01)00153-x.
  22. Savitz M.N., Doughty H., R.N., Burns P. Percutaneous lumbar discectomy with a working endoscope and laser assistance. *Neurosurg Focus.* 1998;4(2):E11. DOI: 10.3171/foc.1998.4.2.12.
  23. Yeung A.T. Minimally invasive disc surgery with the yeung endoscopic spine system (YESS). *Surg Technol Int.* 2000;8:267-277.
  24. Schubert M., Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation. *Oper Orthop Traumatol.* 2005;17(6):641-661.

25. Milette P.C. Reporting lumbar disk abnormalities: at last, consensus! *AJNR Amer. J Neuroradiol.* 2001;22(3):429-430.
26. Pfirrmann C.W. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2001;26(17):1873-1878. DOI: 10.1097/00007632-200109010-00011.
27. Modic M.T. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology.* 1988;166(1):193-199.
28. Lee S., Lee J.W., Yeom J.S., Kim K.J., Kim H.J., Chung S.K., Kang H.S. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2010;194(4):1095-1098. DOI: 10.2214/AJR.09.2772.
29. 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.* 2005;30(3):346-353. DOI: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65.
30. Ahn Y., Lee S.H., Lee J.H., Kim J.U., Liu W.C. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: clinical outcome, prognostic factors, and technical consideration. *Acta Neurochir (Wien).* 2009;151(3):199-206. DOI: 10.1007/s00701-009-0457-4.
31. Birkenmaier C., Komp M., Leu H.F., Wegener B., Ruetten S. The current state of endoscopic disc surgery: review of controlled studies comparing full-endoscopic procedures for disc herniations to standard procedures. *Pain Physician.* 2013;16(4):335-344. DOI: 10.15674/0030-59872014241-50.
32. Ruetten S. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine.* 2008;33(9):931-939. DOI: 10.1097/brs.0b013e31816c8af7.
33. Morgenstern R., Morgenstern C., Yeung A.T. The Learning Curve in Foraminal Endoscopic Discectomy: Experience Needed to Achieve a 90% Success Rate. *SAS Journal.* 2007;1(3):100-107. DOI:10.1016/SASJ-2007-0005-RR.
34. Wu X.B., Fan G.X., Gu X., Shen T.G., Guan X.F., Hu A.N., Zhang H.L., He S.S. Learning curves of percutaneous endoscopic lumbar discectomy in transforaminal approach at the L4/5 and L5/S1 levels: a comparative study. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2016;17(7):553-560. DOI: 10.1631/jzus.B1600002.
35. Smith N., Masters J., Jensen C., Khan A., Sprowson A. Systematic review of microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Eur Spine J.* 2013;22(11):2458-2465. DOI: 10.1007/s00586-013-2848-8.
36. Борщенко И.А. Чрескожная эндоскопическая поясничная дискэктомия: современные возможности и результаты. *Нейрохирургия.* 2016;(1):105.
37. Borshchenko I.A. [Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: modern possibilities and results]. *Neirokhirurgiya [The Russian Journal of Neurosurgery].* 2016;(1):105. (in Russian).
38. Mahesha K. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: Results of first 100 cases. *Indian J Orthop.* 2017;51(1):36-42. DOI: 10.4103/0019-5413.197520.
39. Kamson S., Trescot A.M., Sampson P.D., Zhang Y. Full-endoscopic assisted lumbar decompressive surgery performed in an outpatient, ambulatory facility: report of 5 years of complications and risk factors. *Pain Physician.* 2017;20(2):E221-E231.
40. Bai J., Zhang W., Wang Y., An J., Zhang J., Sun Y., et al. Application of transiliac approach to intervertebral endoscopic discectomy in L5/S1 intervertebral disc herniation. *Eur J Med Res.* 2017;22(1):14. DOI: 10.1186/s40001-017-0254-0.
41. Kim H.S., Yudoyono F., Paudel B., Jang J.S., Choi J.H., Chung S.K., Kim J.H., Jang I.T., Oh S.H., Park J.E., Lee S. Analysis of clinical results of three different routes of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy for lumbar herniated disk. *World Neurosurg.* 2017;103:442-448. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.04.008.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Волков Иван Викторович* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; врач-нейрохирург, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург

*Карабаев Игорь Шамансурович* — канд. мед. наук, заведующий нейрохирургическим отделением, ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург

*Пташников Дмитрий Александрович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий научным отделением патологии позвоночника и костной онкологии, ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург

*Коновалов Николай Александрович* — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением спинальной нейрохирургии ФГАУ «Национальный научно-практический центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва

*Поярков Константин Александрович* — врач-нейрохирург ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Ivan V. Volkov* — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Neurosurgeon, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

*Igor Sh. Karabaev* — Cand. Sci. (Med.), Head of Neurosurgery Department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

*Dmitry A. Ptashnikov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Spine Surgery and Oncology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Head of Traumatology and Orthopedics Department, Mechnikov North Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Nikolai A. Konovalov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Spinal Neurosurgery Department, Burdenko Neurosurgical Institute, Moscow, Russian Federation

*Konstantin A. Poyarkov* — Neurosurgeon, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

# Хирургическое лечение детей с последствиями септического коксита

М.П. Тепленький, Е.В. Олейников, В.С. Бунов

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России  
Ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия

## Реферат

**Введение.** Последствия септического коксита достаточно разнообразны и могут проявляться в виде повреждения зоны роста, деформации и деструкции суставных компонентов, нарушения суставных соотношений. Для лечения этой патологии используются технически сложные и травматичные оперативные вмешательства.

**Цель исследования** — изучить эффективность лечения детей с последствиями септического коксита методом чрескостного остеосинтеза.

**Материал и методы.** Проанализированы результаты лечения 37 детей с последствиями септического коксита с применением аппарата Илизарова. Средний возраст на момент выполнения оперативного вмешательства составил  $8,2 \pm 0,5$  лет (от 6 до 10 лет). Пациенты были распределены на три группы с учетом анатомических особенностей. Сроки наблюдения пациентов составили от 3 до 10 лет (средний срок — 4,7 года). Функциональные исходы оценивали по критериям С.Л. Colton, рентгенологические показатели — по критериям Е. Severin и J. Krczynski.

**Результаты.** Функциональные результаты лечения пациентов первой группы: хороший (12–15 баллов) — 3 сустава, удовлетворительный (9–11 баллов) — 5 суставов, неудовлетворительный (8 баллов) — 1 сустав. Рентгенологические результаты в первой группе пациентов по критериям J. Krczynski: хороший — 5 суставов, удовлетворительный — 4 сустава; по критериям Е. Severin: Ia — 1, Ib — 1, IIa — 2, IIb — 3, III — 2. Функциональные результаты лечения пациентов второй группы: хороший (12–14 баллов) — 10 суставов, удовлетворительный (9–11 баллов) — 8 суставов. Распределение результатов во второй группе по критериям J. Krczynski: хороший — 9, удовлетворительный — 9; по критериям Е. Severin: IIa — 14, IIb — 4. Распределение функциональных результатов в третьей группе в соответствии с критериями С.Л. Colton: хороший (12–15 баллов) — 3 сустава, удовлетворительный (9–11 баллов) — 7 суставов. Распределение результатов в третьей группе по критериям J. Krczynski: хороший — 4, удовлетворительный — 6; по критериям Е. Severin: IIa — 5, IIb — 4, III — 1.

**Выводы.** Применение технологии реконструкции тазобедренного сустава с применением аппарата внешней фиксации у детей с последствиями септического коксита обеспечивает достаточную стабильность сочленения, не вызывая при этом его декомпенсации и развития тугоподвижности. Использование аппарата Илизарова расширяет возрастные границы для реконструктивного лечения патологического дистензионного вывиха бедра.

**Ключевые слова:** последствия септического коксита у детей, реконструкция тазобедренного сустава, аппарат Илизарова.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-43-52.

## Surgical Treatment of Children with Consequences of Infantile Septic Arthritis

M.P. Teplenky, E.V. Oleinikov, V.S. Bunov

Izharov Russian Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopedics”  
6, ul. M. Ulyanovoi, Kurgan, 640014, Russian Federation

## Abstract

**Introduction.** The consequences of infantile septic arthritis are quite diverse and can manifest themselves as a damage to the growth zone, deformation and destruction of the articular components, and violation of the articular relationships. To treat this pathology, technically complex and traumatic surgical interventions are used.

The purpose of this work is to analyze the medium-term results of the use of these methods in the treatment of children with septic coxitis consequences.

Тепленький М.П., Олейников Е.В., Бунов В.С. Хирургическое лечение детей с последствиями септического коксита. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):43-52. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-43-52.

**Cite as:** Teplenky M.P., Oleinikov E.V., Bunov V.S. [Surgical Treatment of Children with Consequences of Infantile Septic Arthritis]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):43-52. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-43-52.

Тепленький Михаил Павлович. Ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия / Mikhail P. Teplenky. 6, ul. M. Ulyanovoi, Kurgan, 640014, Russian Federation; e-mail: teplenkiymp@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 16.06.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 18.07.2017.

**Material and methods.** The outcomes of treatment for 37 children with consequences of septic coxitis using Ilizarov apparatus were analyzed. Average age of patients at the time of the surgery was  $8.2 \pm 0.5$  years (from 6 to 10 years). Follow up period was from 3 to 10 years (average 4.7 years). Functional outcomes were assessed by C.L. Colton, radiologic indices — by E. Severin score and J. Kruczynski.

**Results.** Patients were distributed into three groups according to anatomical features. Functional outcomes of patients in the 1st group: good (12–15 points) — 3 joints, satisfactory (9–11 points) — 5 joints, unsatisfactory (8 points) — 1 joint. X-ray findings of patients in the 1st group according to J. Kruczynski criteria: good — 5 joints, satisfactory — 4 joints; by E. Severin criteria: Ia — 1, Ib — 1, IIa — 2, IIb — 3, III — 2. Functional outcomes of patients in the 2nd group: good (12–14 points) — 10 joints, satisfactory (9–11 points) — 8 joints. Distribution in the second group by J. Kruczynski criteria: good — 9, satisfactory — 9; by E. Severin criteria: IIa — 14, IIb — 4. Distribution of functional outcomes in the 3rd group in accordance with C.L. Colton criteria: good (12–15 points) — 3 joints, satisfactory (9–11 points) — 7 joints. Distribution in the third group according to J. Kruczynski criteria: good — 4, satisfactory — 6; by E. Severin criteria: IIa — 5, IIb — 4, III — 1.

**Conclusion.** The use of the presented transosseous external fixation technique in children with the consequences of septic coxitis provides sufficient stability of the joint without causing its decompensation and stiffness. The use of the Ilizarov fixator extends the age limits for reconstructive treatment of abnormal distal hip dislocation.

**Keywords:** infantile septic arthritis, hip joint reconstruction, the Ilizarov apparatus.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-43-52.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Септический коксит считается относительно редким заболеванием, требующим, однако, серьезного внимания в связи с тяжелыми последствиями [1, 2]. Они достаточно разнообразны и могут проявляться в виде повреждения зоны роста, деформации и деструкции суставных компонентов, нарушения суставных соотношений [3, 4]. Указанные изменения существенно влияют на функционирование конечности. Одной из основных задач лечения является повышение ее опороспособности [5]. В зависимости от степени деструктивных изменений лечебные мероприятия, как правило, включают коррекцию деформации проксимального отдела бедра, компенсацию утраченных элементов бедренной кости, восстановление и стабилизацию суставных соотношений [6]. По данным литературы, в 43–50% случаев последствиями септического коксита являются деформация проксимального отдела бедра, дисплазия вертлужной впадины, нарушение суставных соотношений [4, 7]. При этом головка сохранена, но имеет измененную форму и структуру.

Для коррекции указанной патологии применяются достаточно сложные и агрессивные реконструктивные операции.

**Цель исследования** — изучить эффективность применения чрескостного остеосинтеза при лечении детей с последствиями септического коксита.

## Материал и методы

Изучены результаты лечения 37 детей с последствиями септического коксита. Во всех наб-

людениях имело место одностороннее поражение тазобедренного сустава. Средний возраст пациентов на момент выполнения оперативного вмешательства составил  $8,2 \pm 0,5$  лет (от 6 до 10 лет). Лечение проводилось с 2004 по 2013 г. Все пациенты перенесли коксит в течение первых трех месяцев жизни. Распределение по полу: 15 девочек, 22 мальчика. В работе использована рентгенологическая классификация последствий септического коксита у детей, разработанная в «РНЦ „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» [8], которая является модификацией известных систем I.H. Choi [4] и O.A. Соколовского [7] и включает следующие типы:

Ia — нестабильные суставы, характеризующиеся патологическими шейчно-диафизарными соотношениями, дисконгруэнтностью суставных компонентов вследствие изменения их размера, с сохранением контакта между головкой и впадиной;

Ib — аналогичные анатомо-структурные изменения, сопровождающиеся нарушением контакта головки и впадины;

IIa — суставы с различной степенью деформации головки, шейки, шейчно-эпифизарными нарушениями, гиперплазией большого вертела; показатели вертлужной впадины:  $AI \leq 25^\circ$ ,  $WBS \leq 15^\circ$ ;

IIb — деформация проксимального отдела бедра, сочетающаяся с дисплазией вертлужной впадины и нарушением суставных соотношений;

III — ложный сустав шейки бедра;

IVa — дефект головки с частично или полностью сохранившейся шейкой независимо от степени нарушения суставных соотношений;

IVb – полный дефект шейки и головки бедра;  
V – ригидный неартроз между тазовой и бедренной костями.

Критерии включения пациентов в исследование: последствия септического коксита в виде деформации проксимального отдела бедренной кости, вертлужной впадины и нарушения суставных соотношений, соответствующие I, II, III типам по классификации «РНЦ „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» [8], срок наблюдения не менее 3 лет.

Критерии исключения: последствия септического коксита в виде дефектов проксимального отдела бедра, соответствующих IV, V типу по классификации «Российского научного центра „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова»; II–III степени артроза.

Пациенты после снятия аппарата осматривались через 3, 6 мес., 1 год и далее с периодичностью 1 раз в год. Результаты лечения проанализированы в срок от 3 до 10 лет (средний срок – 4,7 лет).

Функциональные исходы оценивали по критериям С.Л. Colton [9], рентгенологические показатели – по критериям E. Severin [1] и J. Kruczynski [10]. Клинические критерии: болевой синдром, походка, симптом Тренделенбурга, функция сустава.

При оценке по критериям J. Kruczynski учитывали следующие показатели: прерывистость линии Шентона, угол Виберга, угол латерального смещения, шеечно-диафизарный угол, форму головки, положение большого вертела. Рентгенологическое исследование выполнялось на сертифицированном и разрешенном Министерством здравоохранения РФ оборудовании CLINOMAT (регистрационное удостоверение МЗ ФС № 2006/559). Данные рентгенографии приводились без указаний сведений о пациенте. Изучали рентгенограммы тазобедренного сустава, выполненные в передне-задней проекции до операции, после завершения аппаратного лечения и на последнем контрольном осмотре. Оценивали следующие рентгенографические показатели: ацетабулярный индекс (AI), шеечно-диафизарный угол (NSA), угол Альсберга (AA), шеечно-эпифизарный угол (NEA), артикулотрохантерную дистанцию (ATD), латерализацию большого вертела (LT), угол Виберга (SEA), степень покрытия головки (DCH). У пациентов старше 12 лет состояние вертлужной впадины оценивали по величине угла наклона опорной поверхности крыши (WBS). NEA определяли по разнице между NSA и углом Альсберга. Уменьшение шеечно-

эпифизарного угла менее  $50^\circ$  соответствовало патологическому вальгусному отклонению головки, увеличение шеечно-эпифизарного угла более  $75^\circ$  – патологическому варусному отклонению головки. Показатель LT рассчитывали как отношение расстояния от центра головки до вертикальной линии, проведенной через верхушку большого вертела, к диаметру головки (в норме 1,15–1,25).

Статистический анализ выполнен с помощью программы Microsoft Excel 2010. Из количественных данных составлены невзвешенные вариационные ряды, определены средние, их ошибка и статистическая значимость. Сопоставлены величины средних на этапах лечения с величиной до оперативного вмешательства. При проверке выявлено нормальное распределение вероятностей, для оценки статистической значимости различий средних величин использован *t*-критерий Стьюдента.

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013). От всех пациентов получено информированное согласие на проведение исследований без идентификации личности.

## Результаты

С учетом анатомо-структурных особенностей пациенты были распределены на три группы. В первую группу включены 9 детей (средний возраст  $8,0 \pm 0,6$  лет) с нестабильными тазобедренными суставами, соответствующими типу IVb по классификации «РНЦ „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова». Вторую группу составили 18 пациентов (средний возраст  $8,1 \pm 0,4$  лет) с деформациями проксимального отдела бедра, соответствующими типам IIa и III (2 сустава). К третьей группе отнесены 10 пациентов (средний возраст  $8,4 \pm 0,5$  лет) с суставами типа IIIb.

Клинические признаки патологии в анализируемых группах пациентов: хромота, положительный симптом Тренделенбурга, приводящая контрактура тазобедренного сустава, относительное укорочение конечности на 2–5 см.

В первой группе 5 пациентов жаловались на умеренный болевой синдром. В 6 случаях выявлено ограничение сгибания (65–75% от нормы). Рентгенологические признаки соответствовали типу IVb патологии. Средний показатель ацетабулярного индекса составил  $38,0 \pm 0,7^\circ$ . Суставы по степени дислокации: I – 1, II – 4, III – 3, IV – 1.

Во второй группе умеренный болевой синдром отмечался у 7 больных. В 2 случаях диагностировано ограничение сгибания (65–75% от

нормы). Рентгенологические признаки патологии в восьми суставах (подгруппа 2b) вальгусное отклонение эпифиза, укорочение шейки, высокое расположение верхушки большого вертела, децентрация головки бедра (угол Виберга  $8,0 \pm 0,3^\circ$ , DCH  $0,65 \pm 0,02$ ). В 2 наблюдениях наблюдались варусная деформация и ложный сустав шейки бедра. В остальных случаях имели место варусная деформация, укорочение шейки бедренной кости, гиперплазия большого вертела (подгруппа 2a). Средний показатель ацетабулярного индекса во второй группе –  $16,5 \pm 0,06^\circ$ .

В третьей группе умеренный болевой синдром имел место в 6 наблюдениях. Во всех 6 случаях отмечено ограничение сгибания ( $50\text{--}70\%$  от нормы). Суставы по степени дислокации: I – 2, II – 5, III – 3. Средний показатель ацетабулярного индекса –  $37,0 \pm 0,9^\circ$ . Рентгенологические признаки патологии проксимального отдела бедренной кости в 4 суставах: вальгусное отклонение эпифиза, укорочение шейки, высокое расположение верхушки большого вертела. У остальных пациентов имели место варусная деформация, укорочение шейки, гиперплазия большого вертела.

В анализируемых группах пациентов выполняли оперативные вмешательства в соответствии с разработанным в «РНЦ „Восстановительная травматология и ортопедия“ им. акад. Г.А. Илизарова» алгоритмом [8]. Для перемещения и фиксации суставных элементов и костных фрагментов применяли аппарат Илизарова.

В первой группе производили закрытое восстановление суставных соотношений с помощью аппарата (постепенное в 6 случаях). Поскольку в этой группе имели место дистензионные вывихи, при репозиции мы руководствовались используемыми в нашем Центре принципами лечения врожденного вывиха бедра. В центрированном положении выполняли последовательную (с промежутком в 2–3 нед.) коррекцию тазового и бедренного компонентов. Во всех наблюдениях проводилась транспозиция вертлужной впадины посредством остеотомии подвздошной кости и деторсионно-варизирующая остеотомия бедра. Средний срок лечения в аппарате составил  $104,0 \pm 6,4$  дня.

Во второй группе у 6 пациентов с вальгусным отклонением головки выполнялась чрезшеечная корригирующе-удлиняющая остеотомия бедра. У детей с III типом деформации (2 сустава) была выполнена двойная межвертельная остеотомия. В остальных наблюдениях мы использовали двойную чрезвертельную остеотомию типа Wagner. Средний срок лечения в аппарате составил  $76,0 \pm 3,8$  дней.

В 2 случаях в связи с рецидивом деформации и укорочением через 7 и 9 лет были выполнены дополнительные операции (транспозиция вертела и удлинение бедра).

В третьей группе закрытому восстановлению суставных соотношений предшествовало реконструктивное вмешательство на бедре. Операция на тазовой кости производилась на заключительном этапе через 2–3 нед. В 4 случаях перед операцией на бедренной кости выполняли постепенное низведение головки бедра аппаратом Илизарова. Для реконструкции проксимального отдела бедра в 4 случаях применялась подвертельная деторсионно-вальгизирующая остеотомия. В остальных наблюдениях независимо от характера шеечно-эпифизарных нарушений выполнялась двойная чрезвертельная остеотомия. В 2 наблюдениях для изменения размера и формы вертлужной впадины выполнена транспозиция свода посредством периацетабулярной остеотомии. В остальных случаях выполнялись реориентирующие остеотомии подвздошной кости (5 случаев) и таза (3 случая). Средний срок лечения в аппарате –  $98,0 \pm 4,2$  дней. Дополнительная операция (транспозиция большого вертела) выполнена через 6 лет в одном наблюдении.

Воспалительные осложнения I степени по классификации D. Paley отмечены в 4 случаях, II степени – в одном наблюдении. Случаев обострения остеомиелита не зафиксировано.

Анализ результатов лечения проведен без учета повторных вмешательств. Продолжительность реабилитационного периода в первой группе составила  $11,6 \pm 0,4$  мес. Улучшение походки произошло у большинства пациентов ( $3,0 \pm 0,2$  балла). Нормализация ходьбы и полное восстановление опороспособности конечности определены в 2 наблюдениях. В одном случае подвижность в суставе была менее 50% от исходного объема. В 4 суставах движения превышали 75% дооперационного уровня. В остальных наблюдениях амплитуда движений составила 50–75%. Средний показатель подвижности составил  $2,3 \pm 0,23$  балла. У всех пациентов болевой синдром отсутствовал или был незначительным ( $3,5 \pm 0,2$  балла). Полная компенсация укорочения достигнута у всех пациентов. Распределение функциональных результатов в первой группе в соответствии с критериями C.L. Colton: хороший (12–15 баллов) – 3 сустава, удовлетворительный (9–11 баллов) – 5 суставов, неудовлетворительный (8 баллов) – один сустав.

Продолжительность реабилитационного периода во второй группе зависела от варианта реконструктивного вмешательства. После двойной чрезвертельной или межвертельной

остеотомии она составила  $6,2 \pm 0,3$  мес., после чрезшеечной остеотомии —  $9,5 \pm 0,2$  мес. Во второй группе средние показатели походки ( $3,4 \pm 0,1$  балла) и опороспособность конечности ( $3,3 \pm 0,2$  балла) были выше, чем в первой группе. Значительное ограничение движений (менее 50% от исходного объема) отмечено только у одного пациента. Средний показатель подвижности был выше, чем в первой группе ( $3,4 \pm 0,2$ ). Незначительный болевой синдром отмечен в 2 случаях ( $3,7 \pm 0,1$  балла). Относительное укорочение в пределах 2 см диагностировано в 4 наблюдениях, только после двойной межвертельной и чрезвертельной остеотомии.

Функциональные результаты у пациентов второй группы: хороший (12–14 баллов) — 10 суставов, удовлетворительный (9–11 баллов) — 8 суставов.

Продолжительность реабилитационного периода в третьей группе составила  $10,8 \pm 0,5$  мес. Улучшение походки отмечено у всех пациентов ( $2,9 \pm 0,2$  балла). Выраженное (менее 50%) ограничение подвижности выявлено в одном случае. Полное восстановление движений констатируется в 2 суставах. В 2 наблюдениях степень снижения подвижности не превышала 25%. В остальных наблюдениях амплитуда

движений составила 50–75%, средний показатель подвижности —  $2,5 \pm 0,3$  балла. Во всех случаях болевой синдром отсутствовал или был незначительным ( $3,7 \pm 0,2$  балла). Полная компенсация укорочения достигнута у всех пациентов. Распределение функциональных результатов в третьей группе в соответствии с критериями С.Л. Colton: хороший (12–15 баллов) — 3 сустава, удовлетворительный (9–11 баллов) — 7 суставов.

При анализе рентгенометрических показателей во всех группах отмечено статистически значимое улучшение всех параметров после операции. В процессе динамического наблюдения детей первой группы установлено незначительное ухудшение показателей, характеризующих проксимальный отдел бедра, в виде укорочения шейки и уменьшения шеечно-диафизарного угла. Состояние вертлужной впадины и суставные соотношения в сравнении с послеоперационными показателями значительно изменились (табл. 1).

Рентгенологические результаты у пациентов первой группы по критериям J. Kruczynski: хороший — 5 суставов, удовлетворительный — 4 сустава; по критериям E. Severin [1]: Ia — 1, Ib — 1, IIa — 2, IIb — 3, III — 2 (рис. 1).

Таблица 1/Table 1

Динамика рентгенометрических показателей у пациентов первой и третьей групп  
Roentgen criteria dynamics in patients of 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> groups

Показатель	Первая группа (n = 9)			Третья группа (n = 10)		
	Срок наблюдения			Срок наблюдения		
	До операции	После снятия аппарата	Отдаленный результат	До операции	После снятия аппарата	Отдаленный результат
AI (WBS), град.	$38 \pm 0,7$	$12,2 \pm 0,5$ <i>p</i> = 0,0076	$12,1 \pm 0,8$ <i>p</i> = 0,0004	$37,0 \pm 1,0$	$10,0 \pm 0,6$ <i>p</i> = 0,005	$11,0 \pm 0,6$ <i>p</i> = 0,005
NSA, град.	$138,0 \pm 1,3$	$120,0 \pm 1,8^*$ <i>p</i> = 0,3301	$115,0 \pm 1,9^*$ <i>p</i> = 0,7353	$100,5 \pm 1,9$	$120,0 \pm 1,3^*$ <i>p</i> = 0,5706	$112,5 \pm 1,4^*$ <i>p</i> = 0,959
NEA, град.	$60,0 \pm 0,8$	$58,0 \pm 1,9^*$ <i>p</i> = 0,0004	$60,0 \pm 1,4$ <i>p</i> = 0,0004	$77,0 \pm 1,3$ (n = 6) $4,5 \pm 1,65$ (n = 4)	$62,0 \pm 2,2^*$ <i>p</i> = 0,005	$58,6 \pm 2$ <i>p</i> = 0,005
ATD, мм	$17,0 \pm 1,0$	$12,0 \pm 0,8^*$ <i>p</i> = 0,0077	$12,6 \pm 1,1^*$ <i>p</i> = 0,0077	$(-13,4) \pm 2,8$	$15,8 \pm 0,6^*$ <i>p</i> = 0,005	$10,0 \pm 0,8$ <i>p</i> = 0,005
LT/ratio	$1,22 \pm 0,04$	$1,1 \pm 0,01^*$ <i>p</i> = 0,0179	$1,0 \pm 0,04$ <i>p</i> = 0,0076	$0,7 \pm 0,03$	$1,09 \pm 0,04^*$ <i>p</i> = 0,005	$0,9 \pm 0,04$ <i>p</i> = 0,0077
CEA, град.	$-8,0 \pm 2,8$	$21,6 \pm 0,8^*$ <i>p</i> = 0,0077	$21,9 \pm 1,6$ <i>p</i> = 0,0077	$-0,5 \pm 2,3$	$22,0 \pm 0,7^*$ <i>p</i> = 0,005	$21,0 \pm 0,9$ <i>p</i> = 0,005
DCH	$0,21 \pm 0,09$	$0,94 \pm 0,03^*$ <i>p</i> = 0,0077	$0,89 \pm 0,05$ <i>p</i> = 0,0077	$0,36 \pm 0,1$	$0,96 \pm 0,02^*$ <i>p</i> = 0,0001	$0,93 \pm 0,3$ <i>p</i> = 0,005

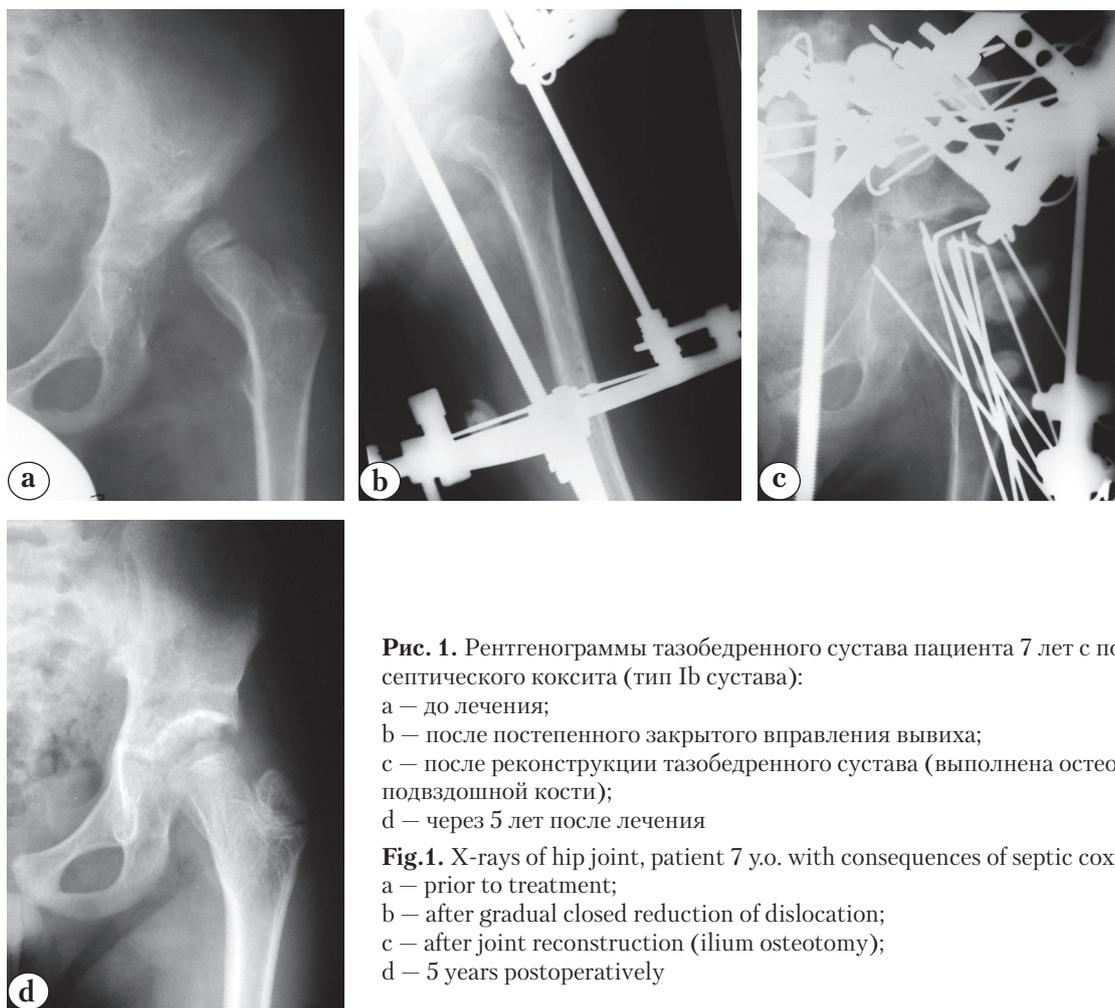
\* — достоверное различие показателей.

В третьей группе отмечен частичный рецидив варусной деформации и укорочения шейки, а также уменьшение АТД. Шеечно-эпифизарные соотношения, степень центрации головки, состояние вертлужной впадины соответствовали послеоперационному уровню (см. табл. 1). Распределение результатов в третьей группе по критериям J. Kruczynski: хороший — 4, удовлетворительный — 6; по критериям E. Severin: IIa — 5, IIb — 4, III — 1 (рис. 2).

Во второй группе было выявлено уменьшение шеечно-диафизарного угла, длины шейки

и артикулотрохантерной дистанции. Указанные изменения были более выражены в подгруппе 2a. В подгруппе 2b отмечено значимое снижение только показателя ЛТ. Остальные параметры соответствовали нижней границе нормы. Ориентация головки относительно шейки и центрация головки во впадине значительно не изменились (табл. 2).

Распределение результатов во второй группе по критериям J. Kruczynski: хороший — 9, удовлетворительный — 9; по критериям E. Severin: IIa — 14, IIb — 4 (рис. 3).

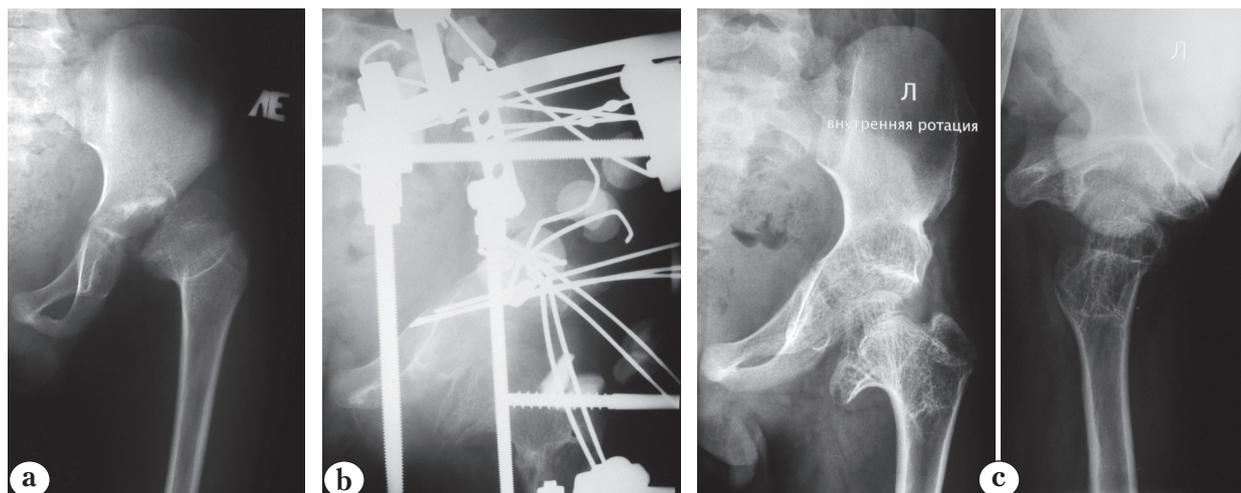


**Рис. 1.** Рентгенограммы тазобедренного сустава пациента 7 лет с последствиями септического коксита (тип Ib сустава):

- a — до лечения;
- b — после постепенного закрытого вправления вывиха;
- c — после реконструкции тазобедренного сустава (выполнена остеотомия подвздошной кости);
- d — через 5 лет после лечения

**Fig.1.** X-rays of hip joint, patient 7 y.o. with consequences of septic coxitis (type Ib):

- a — prior to treatment;
- b — after gradual closed reduction of dislocation;
- c — after joint reconstruction (ilium osteotomy);
- d — 5 years postoperatively



**Рис. 2.** Рентгенограммы тазобедренного сустава пациента 9 лет с последствиями септического коксита (тип IIb сустава):  
 а – до лечения; б – после реконструкции тазобедренного сустава (выполнены постепенное закрытое вправление вывиха бедра, остеотомия подвздошной кости, двойная чрезвертельная остеотомия бедра);  
 с – через 3 года после лечения

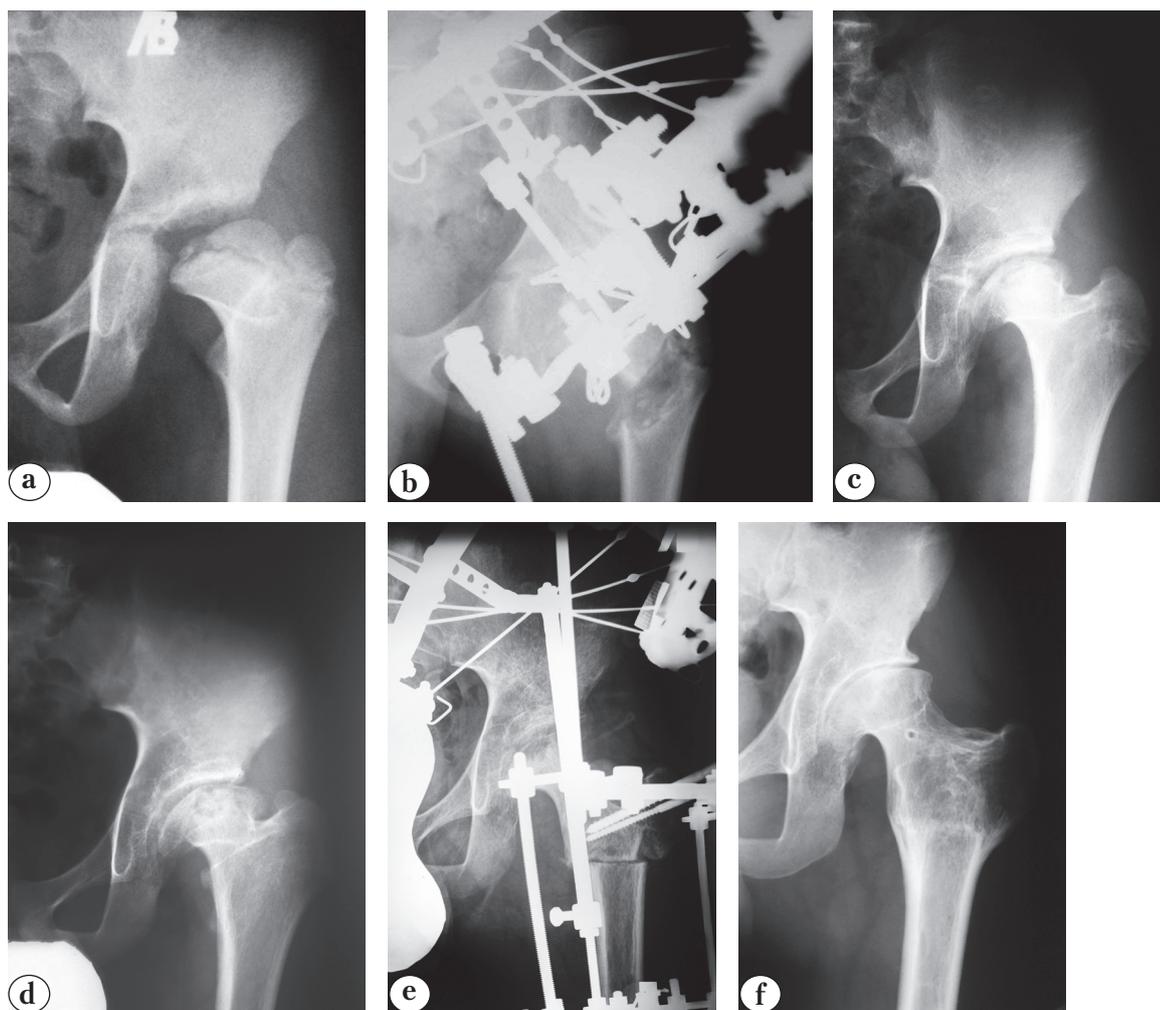
**Fig. 2.** X-rays of hip joint, patient 9 y.o. with consequences of septic coxitis (type IIb):  
 а – prior to treatment; б – after hip joint reconstruction (gradual closed reduction of femur dislocation, ilium osteotomy, double pertrochanteric osteotomy);  
 с – 3 years postoperatively

Таблица 2/ Table 2

**Динамика рентгенометрических показателей у пациентов второй группы  
 Roentgen criteria dynamics in patients of 2<sup>nd</sup> group**

Показатель	Подгруппа 2a (n = 10)			Подгруппа 2b (n = 8)		
	Срок наблюдения			Срок наблюдения		
	До операции	После снятия аппарата	Отдаленный результат	До операции	После снятия аппарата	Отдаленный результат
AI (WBS), град.	13,0±0,7	13,0±0,1 <i>p</i> = 0,0076	10,0±0,8 <i>p</i> = 0,0076	16,5±0,7	14,0±0,5 <i>p</i> = 0,025	13,6±0,1 <i>p</i> = 0,0179
NSA, град.	95,0±2,9	124,0±1,5* <i>p</i> = 0,005	110,0±1,5* <i>p</i> = 0,005	98,0±2,5	129,0±1,7* <i>p</i> = 0,0117	121,0±1,6* <i>p</i> = 0,0117
NEA, град.	75,0±3,5	66,0±2,7* <i>p</i> = 0,0831	57,0±1,8 <i>p</i> = 0,0069	23,5± 4,3	70,0±1,6* <i>p</i> = 0,0117	67,6±1,8 <i>p</i> = 0,0117
ATD, мм	(-14,8)±2,3	15,8±0,4* <i>p</i> = 0,005	10,0±1,6* <i>p</i> = 0,005	(-13)± 3,1	17,4±0,8* <i>p</i> = 0,0117	14,5±1,0 <i>p</i> = 0,0117
LT/ratio	0,8±0,03	1,1±0,03* <i>p</i> = 0,005	0,9±0,04 <i>p</i> = 0,0108	0,83±0,03	1,12±0,04* <i>p</i> = 0,0117	0,92±0,03 <i>p</i> = 0,0908
CEA, град.	19,0±0,9	21,0±0,8* <i>p</i> = 0,0116	22,0±1,0 <i>p</i> = 0,0076	8,0±0,3	21,6±1,0* <i>p</i> = 0,0117	20,7±1,3 <i>p</i> = 0,0116
DCH	0,89±0,03	0,9±0,2* <i>p</i> = 0,3076	0,9±0,3 <i>p</i> = 0,4834	0,65±0,02	0,92±0,01* <i>p</i> = 0,0117	0,88±0,02 <i>p</i> = 0,0117

\* – достоверное различие показателей.



**Рис. 3.** Рентгенограммы тазобедренного сустава пациента 7 лет с последствиями септического коксита (тип IIa сустава):

a – до лечения; b – после выполнения чрезшеечной остеотомии; c – через 6 лет; d – через 10 лет; e – после выполнения повторной операции (двойная чрезвертельная остеотомия бедра); f – через 2 года после повторной операции

**Fig. 3.** X-rays of hip joint, patient 7 y.o. with consequences of septic coxitis (type IIa):

a – prior to treatment; b – after transcervical osteotomy; c – 6 years postoperatively; d – 10 years postoperatively; e – after second surgery (double perthrochanteric osteotomy); f – 2 years after second surgery

### Обсуждение

Среди многообразных последствий септического коксита, требующих хирургической коррекции, наиболее благоприятными в прогностическом плане признаются деформации проксимального отдела бедренной кости, обусловленные поражением ростковой зоны. По данным разных авторов, доля хороших результатов у этой категории пациентов составляет 50–60% [4, 11]. Относительно лечения децентрированных суставов существуют разные точки зрения. Некоторые авторы указывают на опасность развития тугоподвижности сустава и рекомендуют воздерживаться от реконструктивных вмешательств, за исключением эпи-

физиодеза и удлинения конечности [5, 12–14]. По мнению других ортопедов, лечение должно проводиться в соответствии с принципами лечения врожденного вывиха бедра [7, 11]. Большинство авторов указывает на необходимость выполнения операции в раннем возрасте и отмечает существенное ухудшение результатов у детей старше 5 лет [5, 11, 13, 15].

В анализируемых группах пациентов средний возраст составил 8 лет. Во всех случаях удалось восстановить суставные соотношения закрытым способом. Функциональные исходы были хуже в сравнении с результатами лечения детей школьного возраста с врожденным вывихом бедра [7]. По-видимому, это обуслов-

лено рубцовыми изменениями околоуставных мягких тканей у пациентов с последствиями септического коксита. В большинстве наблюдений констатировано ухудшение подвижности сочленения различной степени. Однако выраженное (более 50% от исходной амплитуды) ограничение подвижности отмечено только в 2 суставах. В целом достигнутые нами результаты лечения дистензионных вывихов сопоставимы с данными А.М. Соколовского [7, 16].

Одним из факторов, влияющих на послеоперационную функцию сустава, считается способ коррекции ацетабулярной дисплазии. Ряд авторов указывает на опасность развития тугоподвижности сочленения вследствие увеличения внутрисуставного давления при использовании реориентирующих операций и отдают предпочтение shelf-операциям или ацетабулопластике [5, 17]. По-видимому, при деструктивных изменениях головки и выраженной дисконгруэнтности суставных поверхностей паллиативные вмешательства могут быть операциями выбора. Однако при дистензионной нестабильности в условиях относительной сохранности суставных элементов покрытие головки суставным хрящом имеет важное значение для последующего функционирования сустава. У этой категории пациентов целесообразно применение реконструктивных вмешательств, предусматривающих транспозицию впадины. Для компенсации послеоперационной компрессии сустава должны применяться общеизвестные декомпрессионные приемы. В анализируемой группе пациентов использовалась аппаратная разгрузка сустава. Показания для ацетабулопластики ограничиваются случаями, когда одним из ведущих элементов патологии является деформация впадины, вызывающая нарушение ее формы и объема.

Ишемическая деформация проксимального отдела бедра характеризуется прогрессирующим течением и склонностью к рецидивированию. По данным литературы, у пациентов с последствиями лечения дисплазии тазобедренного сустава при выполнении реконструктивного вмешательства после 6 лет вероятность рецидива уменьшается [18]. В анализируемой группе у большинства пациентов с деформациями бедра в процессе динамического наблюдения констатировано ухудшение достигнутых рентгенометрических показателей. Следует отметить, что рецидивировали только отдельные элементы деформации (высокое расположение большого вертела, укорочение шейки). Шеечно-эпифизарные соотношения существенно не менялись. Аналогичные изменения мы наблюдали у детей дошкольного возраста с последствиями лечения дисплазии тазобедренного сустава [19].

Возможно, у детей с деформациями проксимального отдела бедра септической этиологии, не сопровождающимися децентрацией головки, корригирующее вмешательство может быть отложено до 9–10 лет.

Степень рецидива была более выражена у детей после двойной чрезвертельной остеотомии бедра по сравнению с пациентами, которым была произведена чрезшеечная остеотомия. Однако ограниченное число случаев и небольшой срок наблюдений не дают оснований для объективных выводов относительно характера влияния оперативного вмешательства на послеоперационное развитие проксимального отдела бедра.

Считается, что септический коксит, перенесенный в раннем возрасте, не имеет склонности к обострению и рецидивированию. Однако некоторые авторы среди ранних послеоперационных осложнений у этой категории пациентов отмечают глубокое нагноение и обострение остеомиелита [7, 20, 21]. Среди вероятных причин указывают травматичность, продолжительность и многоэтапность вмешательств. В проведенном нами исследовании у пациентов с нестабильностью сустава лечение включало 2–3 этапа. Во всех случаях применялся аппарат Илизарова, который, по мнению ряда авторов, увеличивает риск развития гнойно-воспалительных осложнений [22, 23]. Однако мы не наблюдали случаев обострения инфекционного процесса. Удельный вес поверхностных воспалений в области спиц не превышал 15%.

Применение этой технологии у детей с последствиями септического коксита обеспечивает достаточную стабильность сочленения, не вызывая при этом его декомпенсации и развития тугоподвижности. Использование аппарата внешней фиксации расширяет возрастные границы для реконструктивного лечения патологического дистензионного вывиха бедра. Такая методика не считается операцией выбора, так как может применяться только в учреждениях, имеющих значительный опыт использования аппаратов наружной фиксации.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Severin E. Contribution to the knowledge of congenital dislocation of the hip joint: late results of closed reduction and arthrographic studies of recent cases. *Acta Chir Scand.* 1941;84(Suppl 63):1-142.
2. Souza Miyahara Hd., Helito C.P., Oliva G.B., Aita P.C., Croci A.T., Vicente J.R. Clinical and epidemiological characteristics of septic arthritis of the hip, 2006 to 2012, a seven-year review. *Clinics (Sao Paulo).* 2014;69(7):464-468.

3. Hunka L., Said S.E., MacKenzie D.A., Rogala E.J., Cruess R.L. Classification and surgical management of the severe sequelae of septic hips in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;(171):30-36.
4. Choi I.H., Pizzutillo P.D., Bowen J.R., Dragann R., Malhis T. Sequelae and reconstruction after septic arthritis of the hip in infants. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(8):1150-1165.
5. Forlin E., Milani C. Sequelae of Septic Arthritis of the Hip in Children. A New Classification and a Review of 41 Hips. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(5):524-528. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31817bb079.
6. Goel S.C., Logani V. Management of Sequelae of septic arthritis of Hip in Infancy. *JK-Practitioner.* 2003;10(3):169-175. DOI: 10.4103/0019-5413.37008.
7. Соколовский А.М., Соколовский О.А. Патологический вывих бедра. Минск : Высшая школа, 1997. 208 с. Sokolovskii A.M., Sokolovskii O.A. Patologicheskii vyvikh bedra [Pathological dislocation of the hip]. Minsk : 1997. 208 p.
8. Тепленький М.П., Дьячкова Г.В., Олейников Е.В., Дьячков К.А. Рентгенологическая классификация последствий септического коксита у детей. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015;(11):684-688. Teplenky M.P., Dyachkova G.V., Oleinikov E.V., Dyachkov K.A. [X-ray classification of the consequences of septic coxitis in children]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2015;(11): 684-688.
9. Colton C.L. Chiari osteotomy for acetabular dysplasia in young subjects. *J Bone Joint Surg.* 1972;54-B(4):578-589.
10. Kruczynski J. Avascular necrosis of the proximal femur in developmental dislocation of the hip. Incidence, risk factors, sequelae and MR imaging for diagnosis and prognosis. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1996;268:1-48.
11. Крысь-Пугач А.П., Гук Ю.Н., Куценко Я.Б., Даровский А.С. Наш опыт хирургического лечения ортопедических последствий гнойного коксита у детей. *Травма.* 2008;(1):66-70. Kryś'-Pugach A.P., Guk Ju.N., Kutsenok Ya.B., Darovskii A.S. Our experience in surgical treatment of orthopedic consequences of purulent coxitis in children. *Trauma* [Trauma]. 2008;(1):66-70. (in Russian).
12. Cheng J.C., Lam T.P. Femoral lengthening after type IVB septic arthritis of the hip in children. *J Pediatr Orthop.* 1996;16(4):533-539.
13. Betz R.R., Cooperman D.R., Wopperer J.M., Sutherland R.D., White J.J.Jr., Schaaf H.W., Aschliman M.R., Choi I.H., Bowen J.R., Gillespie R. Late sequelae of septic arthritis of the hip in infancy and childhood. *J Pediatr Orthop.* 1990;10(3):365-372.
14. Sucato D.J., Schwend R.M., Gillespie R. Septic arthritis of the hip in children. *J Am Acad Orthop Surg.* 1997;5(5):249-260.
15. Goel S.C., Logani V. Management of sequelae of septic arthritis of hip in infancy. *JK-Practitioner.* 2003;10(3):169-175.
16. Тепленький М.П., Олейников Е.В. Реконструкция тазобедренного сустава у детей школьного возраста с врожденным вывихом бедра. *Гений ортопедии.* 2013;(1):24-39. Teplenky M.P., Oleinikov E.V. [Reconstruction of the hip in school-age children with congenital hip dislocation]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2013;(1):24-39. (in Russian).
17. Benum P. Transposition of the apophysis of the greater trochanter for reconstruction of the femoral head after septic hip arthritis in children. *Acta Orthop.* 2011;82(1):64-68. DOI: 10.3109/17453674.2010.548030.
18. Cech O., Vavra J., Zidka M. Management of ischemic deformity after the treatment of developmental dysplasia of the hip. *J Pediatric Orthop.* 2005;25(5):687-694. DOI: 10.1097/01.bpo.0000168637.67583.8e.
19. Teplenky M., Mekki W. Pertrochanteric osteotomy and distraction femoral neck lengthening for treatment of proximal hip ischemic deformities in children. *J Child Orthop.* 2016;10(1):31-39. DOI: 10.1007/s11832-016-0711-2.
20. Ахтямов, И.Ф., Абакаров А.А., Белецкий А.В. Заболевания тазобедренного сустава у детей. Диагностика и хирургическое лечение. Казань : ЦОП, 2008. 455 с. Akhtyamov I.F., Abakarov A.A., Beletskii A.V. [Diseases of a hip joint in childhood. Diagnostics and operative treatment]. Kazan: COP, 2008. 455 p.
21. Wada A., Fujii T., Takamura K., Yanagida H., Urano N., Suriyamorn P. Operative reconstruction of the severe sequelae of infantile septic arthritis of the hip. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(8):910-914. DOI: 10.1097/bpo.0b013e31815a606f.
22. Kocaoglu M., Kilicoglu O.I., Goksan S.B., Cakmak M. Ilizarov fixator for treatment of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Pediatr Orthop B.* 1999;8(4):276-281.
23. Volpon J.B. Comparison between innominate osteotomy and arthrodistraction as a primary treatment for Perthes disease. *Int Orthop.* 2012;36(9):1899-1905. DOI: 10.1007/s00264-012-1598-2.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ:

*Тепленький Михаил Павлович* — д-р мед. наук, врач травматолог-ортопед высшей категории, заведующий лабораторией патологии суставов, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 11 ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Олейников Евгений Владимирович* — канд. мед. наук, младший научный сотрудник лаборатории патологии суставов, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 11 ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Бунов Вячеслав Сергеевич* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник лаборатории патологии суставов. ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Mikhail P. Teplenky* — Dr. Sci. (Med.), Head of Joint Pathology Laboratory, Head of Department 11 (pediatric joint pathology), Highest Category Orthopaedic Surgeon, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics», Kurgan, Russian Federation

*Evgeny V. Oleinikov* — Cand. Sci. (Med.), Orthopaedic Surgeon, Department 9 (pediatric joint pathology), junior researcher, Joint Pathology Laboratory, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics», Kurgan, Russian Federation

*Vyacheslav S. Bunov* — Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Joint Pathology Laboratory, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics», Kurgan, Russian Federation

# Артроскопический шов больших и массивных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава: клинические результаты и данные МРТ

С.Ю. Доколин<sup>1</sup>, В.И. Кузьмина<sup>1</sup>, И.В. Марченко<sup>1</sup>, О.А. Белых<sup>1</sup>, Д.А. Найда<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

<sup>2</sup> Филиал № 5 ФГКУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России  
Яковоапостольский пер., д. 8а, Москва, 105064, Россия

## Реферат

В настоящее время отсутствует единый подход к хирургическому лечению пациентов с большими и массивными разрывами ВМПС. Поэтому выбор рациональной лечебной тактики остается открытым.

**Цель исследования** – выявить частоту повторных разрывов ВМПС, оценить результаты артроскопического костно-сухожильного якорного шва, определить факторы, влияющие на исходы артроскопического лечения.

**Материал и методы.** Материалом исследования послужили данные историй болезни, дооперационные рентгенограммы и МРТ плечевых суставов 305 пациентов (основная группа), которым был выполнен артроскопический костно-сухожильный якорный шов большого или массивного разрыва ВМПС в период с 2010 по 2016 г. Сроки наблюдения составили от 1 года до 6 лет после выполненных операций, средний срок – 25,6±4,5 мес. После хирургического вмешательства были проведены опрос пациентов по телефону и однократный осмотр с заполнением функциональных шкал UCLA, ASES, CS, ВАШ, ДН-4. Всем больным проводили дооперационную стандартную рентгенографию плечевого сустава в прямой и аксиальной проекциях. Степень выраженности артропатии плечевого сустава оценивали по классификации К. Namada. Сравнение данных, характеризующих пациентов, особенности повреждения вращательной манжеты и проводимого хирургического лечения проводили с помощью теста Краскела – Уоллиса.

**Результаты.** По шкалам функциональной оценки ASES, CS и UCLA хорошие результаты были получены у 15 (5%) пациентов, удовлетворительные – у 213 (69,8%), плохие – у 77 (25,2%). В соответствии с результатами послеоперационных МРТ-исследований были выделены следующие подгруппы пациентов: с полным восстановлением поврежденных сухожилий вращательной манжеты – 49 (41,1%), частичным восстановлением – 38 (31,9%) и с повторным разрывом реконструированной сухожильной ткани – 33 (27,0%). Корреляционный анализ позволил установить границы достижения хороших результатов артроскопического костно-сухожильного якорного шва для значимых связей с такими показателями, как мышечная атрофия подостной мышцы (не более 40%) и жировая инфильтрация надостной мышцы (не более 23,5%).

**Ключевые слова:** разрыв вращательной манжеты плеча, артроскопическое лечение, костно-сухожильный якорный шов.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-53-68.

Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Марченко И.В., Белых О.А., Найда Д.А. Артроскопический шов больших и массивных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава: клинические результаты и данные МРТ. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):53-68. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-53-68.

**Cite as:** Dokolin S.Yu., Kuz'mina V.I., Marchenko I.V., Belykh O.A., Naida D.A. [Arthroscopic Repair of Large and Massive Rotator Cuff Tears: Clinical Outcomes and Postoperative MRI Findings]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2017;23(3):53-68. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-53-68.

Марченко Илья Владимирович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / *Ilya V. Marchenko*. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation; e-mail: marchenko.ilua@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 20.07.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 18.08.2017.

# Arthroscopic Repair of Large and Massive Rotator Cuff Tears: Clinical Outcomes and Postoperative MRI Findings

S.Yu. Dokolin<sup>1</sup>, V.I. Kuz'mina<sup>1</sup>, I.V. Marchenko<sup>1</sup>, O.A. Belykh<sup>1</sup>,  
D.A. Naida<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation

<sup>2</sup> FSI "Main Military Clinical Hospital N.N. Burdenko,"  
8a. Yakovopostol'skii per., Moscow, 105064, Russian Federation

## Abstract

*Purpose of the study* – to identify incidence rate of recurrent rotator cuff (RC) tears, to evaluate outcomes of arthroscopic bone-tendon anchor suture, to determine the factors influencing arthroscopic treatment outcomes.

*Materials and methods.* Medical history data, pre-operative x-rays and MRI of shoulder joints of 305 patients (main group) who underwent arthroscopic bone-tendon anchor suture repair of large or massive RC tears during 2010-2016 were included in the study. Follow up period ranged from 1 to 6 years postoperatively with mean value of 25,6±4,5 months. Telephone survey of patients was conducted after the surgery as well as a single examination of patients with evaluation by functional scales – UCLA, ASES, CS, VAS, DN4. Preoperative standard x-rays in AP and axial views were done in all patients. Arthropathy severity was evaluated by K.Hamada classification. Comparison of patient specific data, features of RC lesions and surgical treatment was made by Kruskal-Wallis test.

*Results.* Good outcomes by ASES, CS and UCLA functional scales were obtained in 15 (5%) of patients, satisfactory – in 213 (69.8%), poor – in 77 (25.2%). Postoperative MRI data provided the following sub-distribution of patients: 49 (41.1%) patients with complete repair of RC tendons lesions, 38 (31.9%) patients with partial repair and 33 (27.0%) patients with recurrent tear of reconstructed tendon. Correlation analysis allowed to establish the limits for achieving good outcomes of arthroscopic bone-tendon anchor suturing for significant association with infraspinatus muscle atrophy (not exceeding 40%) and fatty infiltration of supraspinatus muscle (not exceeding 23.5%).

**Keywords:** rotator cuff tear, arthroscopic repair, bone-tendon anchor suture.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-53-68.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Нормальная биомеханика плечевого сустава подразумевает высокую степень его подвижности и отсутствие постоянной осевой нагрузки на верхнюю конечность. Она напрямую связана с сохранением целостности окружающих головку плечевой кости сухожилий и мышц вращательной манжеты [1–7]. Частота встречаемости полнослойных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава (ВМПС) в общей популяции населения составляет около 20%, треть из них сопровождается клиническими проявлениями, такими как боль и различные нарушения функции сустава [8–10]. Если поперечный размер повреждения составляет от 3 до 5 см, его относят к большим, более 5 см – к массивным [11, 12]. Для таких разрывов характерна ретракция поврежденных сухожилий до уровня центральной части головки плеча или края суставной впадины лопатки [13]. Возможность полного анатомического восстановления таких разрывов ВМПС ограничена дегенеративными изменениями

ее мышечной и сухожильной тканей, поэтому в литературе часто встречается термин «невосстановимый разрыв ВМПС» [2, 3, 6, 14]. Известно, что формирование больших и массивных разрывов ВМПС происходит в течение длительного времени, ведет к утрате ее компрессирующей функции, а также развитию у 20% больных псевдопаралича верхней конечности (ППВК) и артропатии плечевого сустава (АПС) [7, 15–19].

В настоящее время нет единого подхода к хирургическому лечению пациентов с большими и массивными разрывами ВМПС. При хороших ближайших исходах реверсивного эндопротезирования плечевого сустава в среднесрочном и отдаленном периодах наблюдения за пациентами имеется высокий риск развития различных осложнений. Себестоимость проведения таких операций в несколько раз превышает себестоимость проведения реконструктивных вмешательств [20]. Несмотря на достижения в современной технике артроскопического костно-сухожильного якорного шва, в послеопера-

ционном периоде частота таких осложнений, как увеличение размеров неустраненного в ходе операции дефекта сухожильной ткани на бугорках плечевой кости или повторное ее повреждение, остается высокой и составляет от 20 и до 96% [11, 21–23]. Поэтому выбор рациональной лечебной тактики пациентов с большими и массивными разрывами ВМПС остается открытой для обсуждения проблемой, имеющей особую актуальность в связи с необходимостью постоянного мониторинга эффективности затрат медицинских учреждений на ортопедические вмешательства.

**Цель исследования** — на основании данных диагностики выявить частоту повторных разрывов у пациентов с большими и массивными полнослойными разрывами ВМПС, оценить состояние после артроскопического костно-сухожильного якорного шва, определить факторы, влияющие на результаты артроскопического лечения.

### Материал и методы

В качестве материала исследования были использованы данные историй болезни, дооперационные рентгенограммы и МРТ плечевых суставов 305 пациентов (основная группа), которым был выполнен артроскопический костно-сухожильный якорный шов большого или массивного разрыва ВМПС в период с 2010 по 2016 г.

Возраст оперированных больных составил от 22 до 82 лет (средний возраст  $57,1 \pm 10,4$ ). Мужчин было 187, женщин — 118. В 208 случаях вмешательство было выполнено на правом, в 93 случаях — на левом, в 4 случаях на обоих плечевых суставах. У 213 (69,8%) пациентов была оперирована доминирующая верхняя конечность. Сроки наблюдения составили от 12 до 72 мес. после выполненных операций, средний срок —  $25,6 \pm 4,5$  мес.

**Критерии включения** пациентов в исследование: наличие дооперационных МР-признаков большого (ширина на косо-сагиттальных томограммах от 3 до 5 см) или массивного (шириной более 5 см) разрыва ВМПС с ретракцией сухожильного края 2–3 степени по классификации D. Patte [13], мышечной атрофии 3–4 степени по классификации D. Goutallier в соответствии с данными дооперационных МРТ-исследований, а также наличие АПС не выше 2 стадии по классификации К. Hamada [17].

**Критерием исключения** из исследования стало наличие у пациентов признаков АПС 3–5 стадий на дооперационных рентгенограммах по классификации К. Hamada [17].

Большие и массивные разрывы ВМПС были объединены в одну группу в связи с весьма близкими показателями исходной степени ретракции поврежденных сухожилий и жирового перерождения ее мышечной ткани.

### Клинические методы

В период от 1 года до 6 лет после хирургического вмешательства были проведены опрос пациентов по телефону и однократный осмотр в клинике с заполнением функциональных шкал UCLA, ASES, CS, ВАШ, ДН-4.

Из показателей, характеризующих пациента и отражающих исходный уровень функциональных нарушений, были выбраны следующие: пол, возраст, наличие у пациента никотиновой зависимости, наличие травмы в анамнезе или сопутствующей патологии (артериальная гипертензия, сахарный диабет), срок существования симптоматики, срок наблюдения за пациентом, наличие дооперационной тугоподвижности (контрактуры) плечевого сустава, наличие ППВК, исходная степень выраженности мышечной атрофии ВМПС по данным дооперационных МРТ. Из особенностей проведенного лечения учитывали: технику якорного шва (однорядный или двурядный мостовидный якорный шов), выполнение тенотомии или тенодеза сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча (ДГДМП), резекции акромиально-ключичного сустава (АКС), выполнение реддрессации плечевого сустава перед операцией или капсулотомии в ходе операции.

### Рентгенологические методы

Всем больным проводили дооперационную стандартную рентгенографию плечевого сустава в прямой и аксиальной проекциях. Оценка степени выраженности АПС проводили с использованием классификации К. Hamada [17].

МРТ в дооперационном периоде проводили на томографе Philips (Нидерланды) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла, использовали специализированную матричную катушку фирмы Siemens для плечевого сустава. Методика МРТ включала в себя проведение стандартизированных протоколов исследования, с помощью которых были получены T2 и PD-взвешенные изображения с жироподавлением в аксиальной, косо-сагиттальной и корональной проекциях.

Дооперационная оценка степени ретракции сухожильного края поврежденной вращательной манжеты плеча осуществлялась по классификации D. Patte, степень жировой дегенерации

мышечной части оценивалась по классификации D. Goutallier. Основываясь на данных протоколов операций и результатах послеоперационного МР-исследования была выделена дополнительная группа из 120 больных (60 с большим и 60 с массивным разрывом ВМПС), которые были разделены на три подгруппы пациентов в зависимости от степени восстановления контакта между сухожильной тканью ВМПС и костной тканью большого и малого бугорков:

А — с полным восстановлением сухожильной ткани вращательной манжеты;

В — с частичным восстановлением сухожильной ткани вращательной манжеты;

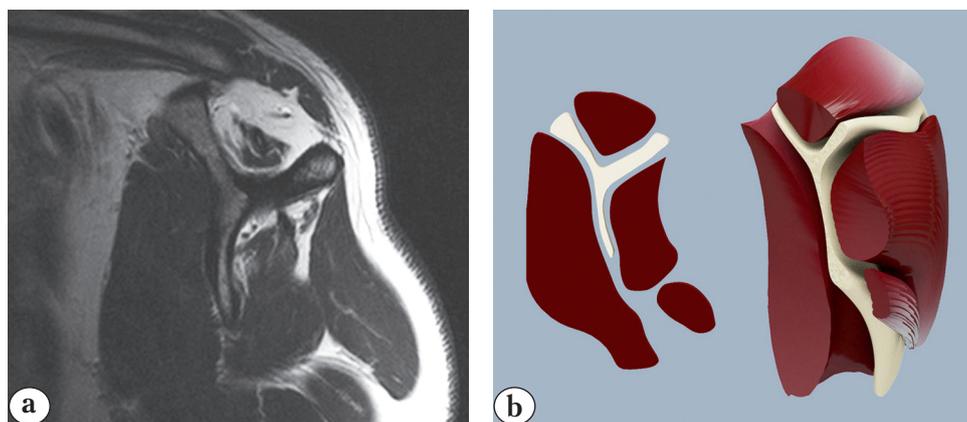
С — с повторным разрывом реконструированной ткани вращательной манжеты.

Если на одном и более МР-срезах в указанных проекциях Т2-режима было выявлено изменение интенсивности сигнала в зоне реконструированной сухожильной ткани на эквивалентный жидкости или сигнал от сухожильной ткани не прослеживался, то данный клинический случай относили либо к группе с повторным разрывом, либо к группе с частичным восстановлением поврежденной вращательной манжеты плеча, в зависимости от данных протокола оперативного вмешательства.

С целью детального изучения степени восстановления поврежденных сухожилий и состояния мышечной ткани вращательной

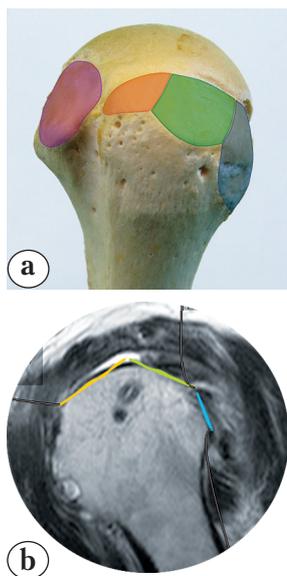
манжеты тщательно исследовали всю серию косо-сагиттальных Т2-взвешенных изображений (рис. 1). В этой серии МР-изображения, сделанные на уровне головки плечевой кости, наглядно показывают степень восстановления контакта поврежденной сухожильной ткани с костной массой большого и малого бугорков плечевой кости. Большой бугорок не имеет строго округлой формы. В структуре большого бугорка есть верхушка, центральная часть (ориентированные соответственно горизонтально и под небольшим наклоном), а также вертикально ориентированный «обрыв» нижней части (рис. 2). Наличие или отсутствие сухожильной ткани оценивали для каждого из описанных участков большого бугорка, а также отдельно для малого бугорка плечевой кости (рис. 3).

Для оценки атрофии мышечной ткани мы рассчитывали процент мышцы от площади надостной и подостной ямок, для оценки жирового перерождения (инфильтрации) внутримышечной ткани рассчитывали процент жировой ткани внутри мышцы. Для удобства оценки площади мышечной и жировой тканей вокруг и внутри мышцы использовали режим цветного контрастирования МРТ-изображений (рис. 4). Подостную и малую круглую мышцы исследовали как одно целое ввиду сложности верификации границы между ними на косо-сагиттальных МРТ-срезах.



**Рис. 1.** Расположение мышц вращательной манжеты плеча на уровне ости лопатки: а — МРТ, косо-сагиттальный скан — мышечная атрофия и жировая дегенерация мышц; б — 3D-реконструкция мышечной ткани

**Fig. 1.** RC muscles positioning at the level of scapular spine: а — MRI, oblique sagittal scan — muscular atrophy and fatty degeneration; б — 3D reconstruction



**Рис. 2.** Структура головки плечевой кости:

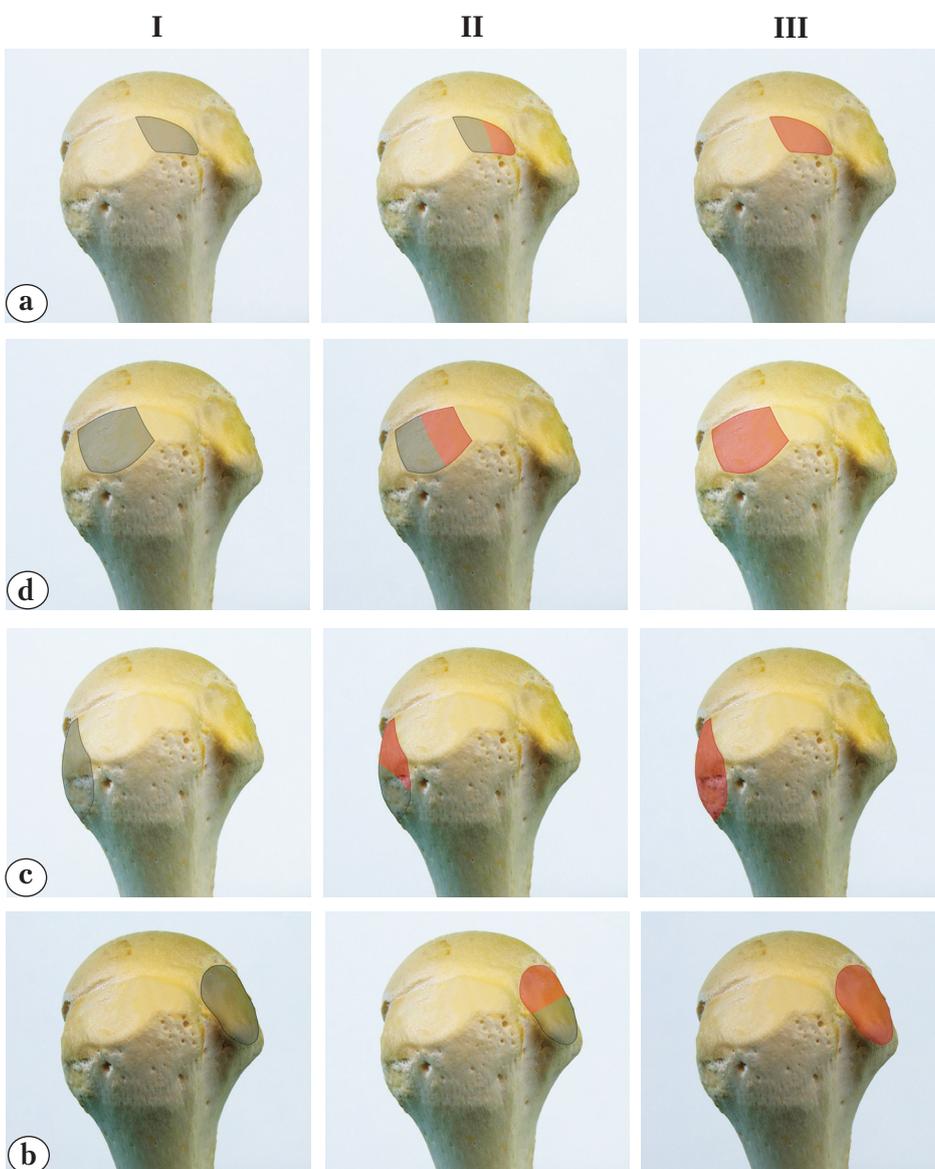
а – фотография проксимального отдела головки плеча: красный цвет – малый бугорок, оранжевый – вершушка большого бугорка, зеленый – скат большого бугорка, синий – обрыв большого бугорка;

б – T2 косо-сагиттальный МР-скан на уровне головки плечевой кости – контакт между сухожильной тканью подостной мышцы и центральной частью большого бугорка, достигнутый после выполнения якорного костно-сухожильного шва

**Fig. 2.** Humeral head structure:

a – image of the proximal part of humeral head: red color – lesser tuberosity, orange – apex of greater tuberosity, green – greater tuberosity slope, blue – scarp of greater tuberosity.

b – T2 oblique-sagittal MRI at the level of humeral head – contract of infraspinatus tendon and central part of the greater tuberosity after bone-tendon anchor suture



**Рис. 3.** Оценка наличия или отсутствия сухожильной ткани вращательной манжеты на большом и малом бугорках плечевой кости (серый цвет – сухожильная ткань, красный цвет – костная ткань, свободная от сухожильной ткани):

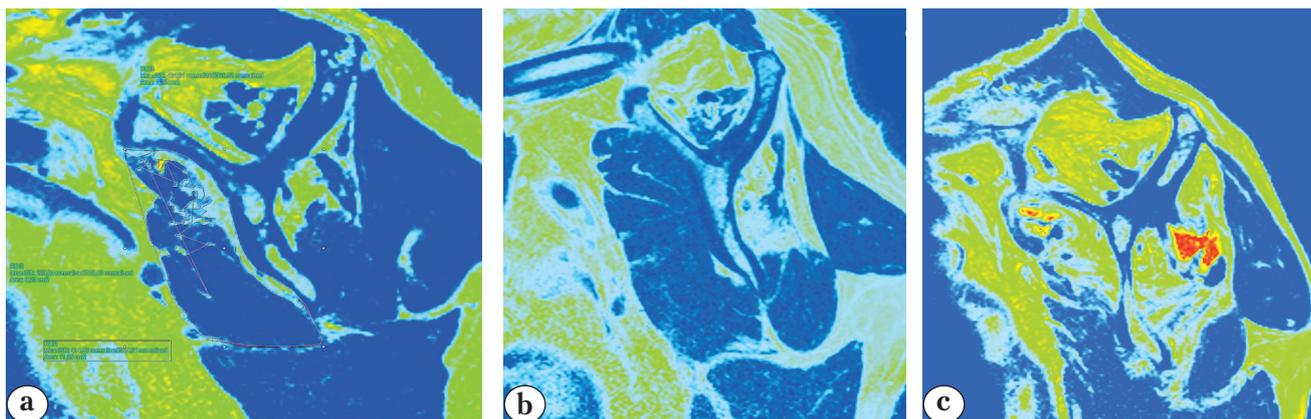
I – полное покрытие;  
II – частичное покрытие;  
III – отсутствие сухожильной ткани;

а – вершушка большого бугорка;  
б – центральная часть большого бугорка;  
в – нижняя часть большого бугорка;  
д – малый бугорок

**Fig. 3.** Evaluation of presence or absence of RC tendons on the greater and lesser tuberosity (grey color – tendons, red – bone free of tendons):

I – full coverage;  
II – partial coverage;  
III – no tendons;

a – the apex of the greater tuberosity;  
b – the central part of the greater tuberosity;  
c – the inferior part of the greater tuberosity;  
d – lesser tuberosity



**Рис. 4.** Степень выраженности жирового перерождения мышечной ткани (режим цветного контрастирования МРТ-изображений):

- a — минимальная степень;
- b — средняя степень;
- c — максимальная степень

**Fig. 4.** Grades of fatty degeneration of muscles (contrast MRI):

- a — minimal;
- b — medium;
- c — maximal

#### *Хирургическая техника*

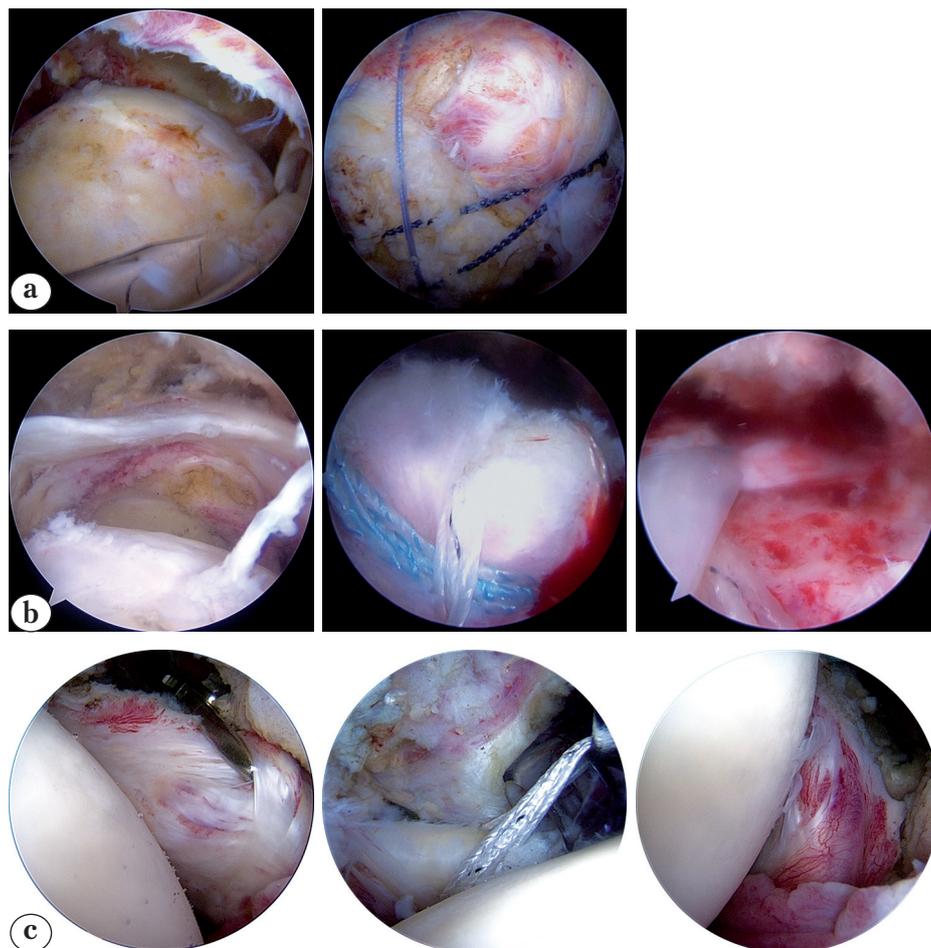
Все вмешательства проводили из четырех стандартных портов (заднего, переднего, задне-латерального, передне-латерального), а также одного или двух дополнительных мини-портов для имплантации якорных фиксаторов. Для формирования костно-сухожильных швов использовали два типа якорных фиксаторов — узловые диаметром 5,5 мм с двумя нитями и безузловые диаметром 4,5 мм с одной нитью. Одинаково часто использовали якорные фиксаторы, изготовленные из биоакрилла (BR) и полиэфирэфиркетона (ПЕЕК). Для выполнения шва применяли высокопрочные нити из специального шовного материала OrthoCord N2 (DePuy) и FiberWire N2 (Arthrex) и ленты FiberTape (Arthrex).

Для фиксации сухожильного края в зависимости от степени его мобильности и конфигурации разрыва использовали однорядный или двурядный мостовидный якорный шов. При ограничении мобильности сухожильного края в направлении изнутри кнаружи использовали технику ротаторов с наложением поперечных швов между тканью подостного сухожилия и тканью интервала ротаторов. Для восстановления сухожилия подлопаточной мышцы использовали хирургическую технику SpeedFix со специальными лентами фирмы Arthrex (рис. 5).

Реабилитационный протокол включал период иммобилизации мягкой повязкой типа Дезо с отводящей на 20° подушкой в течение 6 нед. Через 4 нед. были рекомендованы упражнения пассивной гимнастики для плечевого сустава («маятник» и «скольжение верхней конечности по поверхности стола»), а спустя 8 нед. — упражнения с включением мышц плечевого пояса.

#### *Статистические методы*

Сравнение данных, характеризующих пациентов, особенности повреждения вращательной манжеты и проводимого хирургического лечения в трех подгруппах (основная группа) пациентов проводились с помощью теста Крускала — Уоллиса. Для сравнения показателей функциональных шкал, характеризующих клинико-функциональные исходы лечения, был использован тест Вилкоксона. Для оценки взаимосвязи клинико-функциональных исходов операции с показателями мышечной атрофии и жировой инфильтрации ВМПС в процентах был использован внутригрупповой коэффициент корреляции: очень сильная связь (от 0,81 до 1,00), сильная связь (от 0,61 до 0,80), средняя связь (от 0,41 до 0,60), слабая связь (от 0,21 до 0,40), нет связи (от 0,00 до 0,20). Различия в показателях были приняты статистически значимыми при  $p < 0,05$ .



**Рис. 5.** Этапы восстановления сухожилия подлопаточной мышцы:

а — полное анатомическое восстановление большого разрыва вращательной манжеты с использованием двурядного мостовидного костно-сухожильного якорного шва;

б — частичное восстановление массивного разрыва вращательной манжеты с использованием двурядного мостовидного костно-сухожильного якорного шва и техники бокового смещения ткани интервала ротаторов;

с — восстановление подлопаточной мышцы с использованием техники SpeedFix (Arthrex)

**Fig. 5.** Stages of subscapularis tendon repair:

a — full anatomical repair of the large RC tear with two row bridging bone-tendon anchor suture;

b — partial repair of the massive RC tear with two row bridging bone-tendon anchor suture and lateral transfer of rotator interval;

c — repair of subscapularis muscle with SpeedFix technique (Arthrex)

### Результаты

В соответствии с уровнями показателей шкал функциональной оценки ASES, CS и UCLA были определены группы пациентов с хорошими — 15 (5%), удовлетворительными — 213 (69,8%) и плохими — 77 (25,2%) исходами вмешательства.

Результаты выполнения артроскопического костно-сухожильного якорного шва относили к категориям «хорошие», «удовлетворительные» или «плохие», если они подтверждались в двух и более системах оценки. Дополнительно использовали шкалу ВАШ для объективизации

ожиданий пациентов в отношении положительного влияния артроскопического костно-сухожильного якорного шва на болевой синдром и функциональные нарушения.

На момент обследования всех 305 пациентов с большими и массивными разрывами ВМПС после выполнения артроскопического костно-сухожильного якорного шва болевой синдром полностью отсутствовал у 270 (88,5%) больных, периодически беспокоил при физических нагрузках 30 (9,9%) пациентов, сохранялся постоянно (в том числе в покое, в ночное время) у 5 (1,6%) больных. Следует отметить, что у всех

35 пациентов с сохраняющимся болевым синдромом мы регистрировали комбинированный генез (сочетание ноцицептивной и невропатической боли). Боль распространялась по наружной поверхности плеча, в область шеи, ключицы, лопатки и сопровождалась нестойкими снижениями кожной чувствительности пальцев рук у 7 (20%) пациентов или задней поверхности плеча у 3 (8,5%) пациентов. Изменение контуров и снижение тонуса отдельных пучков дельтовидной мышцы (признак нейропатии двигательных ветвей аксиллярного нерва) отмечали у 11 (31,5%) пациентов. Ожидания пациентов относительно снижения или исчезновения выраженности дооперационной боли по ВАШ оправдались у 273 (89,5%) больных в среднем на  $7,0 \pm 1,0$  баллов.

Степень восстановления функции плечевого сустава отражали в трех системах оценки — CS, ASES, UCLA. Средние показатели до операции и на момент проведения осмотра составили:

- по CS —  $34,1 \pm 4,3$  и  $20,2 \pm 3,5$  баллов;
- по ASES  $54,8 \pm 4,4$  и  $77,8 \pm 5,5$  баллов;
- по UCLA  $17,7 \pm 2,2$  и  $27,2 \pm 3,3$  баллов.

В сравнении со средними дооперационными показателями у всех пациентов имелась положительная динамика ( $p < 0,001$ ).

У 120 (39,1%) пациентов основной группы на момент осмотра отмечалось отсутствие или выраженное снижение активной наружной ротации плеча, выражающееся в трудностях выполнения таких бытовых действий, как расчесывание волос, соблюдение личной гигиены, самообслуживание (надевание одежды), снижение способности осуществлять точные движения — трудности при взятии небольших предметов, простых синхронных движениях правой и левой рук (например, мытье рук под краном, синхронная элевация обеих рук для перемещения предметов в пространстве). У 68 (22,3%) пациентов на момент осмотра регистрировали комбинированную контрактуру. Отметим, что пациенты были старше 65 лет (средний возраст составил  $68,1 \pm 1,7$ ), поэтому уровень их повседневной жизненной активности не определял высокой мотивации к разработке движений в оперированном суставе.

Мышечная сила оперированной конечности страдала в той или иной степени у всех обследованных пациентов. При заполнении функциональной шкалы CS изучали возможность элевации и отведения оперированной верхней конечности с различными грузами. Результаты показали возможность отведения и элевации с грузом от 0,5 до 1,5 кг у 239 (78,3%) пациентов, от 2 до 3 кг — у 66 (21,7%). Из 305 обследованных пациентов 103 (33,7%) до операции

занимались деятельностью, связанной с физическими нагрузками. Из них 81 (78,6%) смогли достичь желаемого уровня физической активности.

В подгруппах пациентов с хорошими, удовлетворительными и плохими исходами была изучена значимость влияния на клинично-функциональный результат показателей, характеризующих пациента, особенности его патологии, отражающие исходный уровень функциональных нарушений и состояния мышечной ткани вращательной манжеты. Согласно полученным данным, статистически значимые различия в подгруппах больных с хорошими, удовлетворительными и плохими исходами были выявлены только в отношении исходной степени атрофии мышечной ткани ( $p = 0,0016$ ), оцениваемой по классификации D. Goutallier. Этот факт явился поводом к углубленному обследованию репрезентативной МРТ-выборки (120 пациентов), отобранных из общей группы 305 пациентов. Обследование включало точную оценку (в процентах) выраженности атрофии и жировой инфильтрации мышечной части и степени восстановления сухожильной ткани на большом и малом бугорках плечевой кости с помощью T2 и PD косо-сагиттальных серий МРТ-исследований.

В соответствии с данными послеоперационных МРТ-исследований среди обследованных пациентов были выделены следующие подгруппы пациентов: с полным (49 (41,1%) пациентов) или частичным (38 (31,9%) пациентов) восстановлением поврежденных сухожилий вращательной манжеты, а также с повторным разрывом реконструированной сухожильной ткани (33 (27,0%) пациентов).

В указанных подгруппах повторно изучали статистическую значимость различий как уже перечисленных факторов, так и факторов, характеризующих объективное состояние мышечной ткани (мышечная атрофия, жировая инфильтрация трех сухожилий вращательной манжеты выраженным в процентах), по данным МРТ на момент обследования (табл. 1). Следует отметить что во всех МРТ-исследованиях нам не удавалось провести границу между подостной и малой круглой мышцами, поэтому они рассматривались как единая структура.

В результате были получены статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) в показателях мышечной атрофии и жировой инфильтрации сухожилий вращательной манжеты между подгруппой С с повторным разрывом реконструированной ткани и подгруппами А и В с полным или частичным восстановлением сухожильной ткани

вращательной манжеты. При этом исследуемые показатели не имели значимых различий в подгруппах А и В.

Согласно полученным данным, наибольшая степень мышечной атрофии и жировой инфильтрации была зарегистрирована в надостной мышце и составила от 65,1 до 71,9% и от 15 до 19,5% соответственно (табл. 2).

Показатели мышечной атрофии и жировой инфильтрации подостной/малой круглой

и подлопаточной мышц были максимальными в группе пациентов с МРТ-признаками повторного разрыва и составили 36,5/19,8% и 16,8/8,7% соответственно.

Следующим этапом были изучены клинико-функциональные исходы у пациентов МРТ-группы в зависимости от степени восстановления контакта между сухожильной тканью ВМПС и костной тканью большого и малого бугорков плечевой кости.

Таблица 1/Table 1

**Степень контакта реконструированной сухожильной ткани с анатомическими областями костной ткани плеча**

**Contact area of repaired tendons and bones**

Анатомическая часть плеча	Группа пациентов		
	Сухожильная ткань полностью закрывает данный участок костной ткани	Сухожильная ткань частично закрывает данный участок костной ткани	Сухожильная ткань отсутствует на данном участке костной ткани
Малый бугорок	92 (77,7%)	28 (23,3%)	0
Большой бугорок:			
– верхушка	83 (69,1%)	2 (1,6%)	35 (29,3%)
– центральная часть	22 (18,4%)	83 (69,1%)	15 (12,5%)
– нижняя часть («обрыв»)	98 (81,6%)	22 (18,4%)	0

Таблица 2/Table 2

**Факторы, влияющие на степень приживления реконструированных сухожилий (по данным МРТ)**

**Factors influencing degree of tendons healing (MRI findings) in patient groups**

Фактор	Группа пациентов			
	Полная анатомическая реконструкция (n = 49)	Частичное восстановление (n = 38)	Повторный разрыв (n = 33)	p
Возраст, лет	60,1±9,6	62,1±9,2	60,8±7,0	0,9763
Пол, n (%):				
– мужчин	31 (25,8%)	26 (21,6%)	23(19,1%)	0,7423
– женщин	18 (15%)	11(9,1%)	11(9,1%)	
Курение:				
– нет	37 (30,8%)	26 (21,6%)	19 (15,8%)	0,2223
– да	12 (10%)	11 (9,1%)	15 (12,5%)	
Наличие эпизода травмы в анамнезе:				
– нет	14 (11,6%)	10 (12%)	6 (5%)	0,3442
– да	35 (29,1%)	27 (22,5%)	28 (23,3%)	

Фактор	Группа пациентов			p
	Полная анатомическая реконструкция, n = 49	Частичное восстановление, n = 38	Повторный разрыв, n = 33	
Длительность существования симптоматики, мес.	17,8±22,6	26,4±45,2	29,5±54,2	0,8179
Сопутствующая патология:				
• сахарный диабет:				
— нет	43	33	28	0,8546
— есть	6	4	5	
• артериальная гипертензия:				
— нет	18	16	9	0,4906
— 1 ст.	30	21	24	
— 2 ст.	1	0	0	
Дооперационная контрактура плечевого сустава:				
— нет	13	15	15	0,1727
— есть	36	22	18	
Техника якорного шва:				
— однорядный	31	26	22	0,8304
— двурядный (мостовидный)	16	11	12	
Тенотомия ДГДМП:				
— не проводилась	5	6	2	0,3887
— проводилась	44	31	31	
Тенodes ДГДМП:				
— не проводился	31	23	11	0,5758
— проводился	18	14	22	
Резекция АКС:				
— не проводилась	39	27	23	0,5717
— проводилась	10	10	10	
Жировая инфильтрация, %:				
— надостной мышцы	15,9	15,0	19,5	0,0497
— подостной и малой круглой	12,4	11,6	16,8	0,0246 <sup>1</sup>
— подлопаточной мышцы	3,5	7,7	8,7	0,001 <sup>2</sup>
Мышечная атрофия, %:				
— надостной мышцы	66,0	65,1	71,9	0,0015 <sup>3</sup>
— подостной и малой круглой	28,1	27,6	36,5	0,0338
— подлопаточной мышцы	12,2	14,4	19,8	0,0405 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> — отличия третьей и второй групп;<sup>2</sup> — различия третьей группы от первой и второй групп;<sup>3</sup> — отличия третьей группы от первой и второй групп;<sup>4</sup> — различия третьей и первой групп.

Для этого в соответствии с данными послеоперационных МРТ косо-сагиттальной серии, сделанных на уровне головки плечевой кости, были выделены три подгруппы пациентов в зависимости от степени контакта сухожильной ткани вращательной манжеты с различными участками костной ткани большого и малого бугорков (см. табл. 2). Следует отметить, что критерием отнесения пациента к той или иной подгруппе было именно наличие признаков присутствия или отсутствия сухожилий вращательной манжеты на данном участке костной ткани плеча, а не точка расположения якорных фиксаторов.

Были выявлены значимые различия в показателях по шкалам CS и ASES между группами пациентов с признаками полного (22 пациента) и частичного (83 пациента) покрытия сухо-

жильной тканью вращательной манжеты центральной (наклонной) части большого бугорка плечевой кости, а также группой пациентов с отсутствием сухожильной ткани на данном участке кости (15 пациентов) (табл. 3).

Других статистически значимых различий в исходах лечения пациентов в зависимости от наличия или отсутствия сухожильной ткани мышц вращательной манжеты на исследуемых участках костной ткани бугорков плеча выявлено не было.

Также была изучена корреляционная связь исходов артроскопического костно-сухожильного якорного шва в соответствии со шкалами ASES, CS, UCLA, и показателей мышечной атрофии и жировой инфильтрации надостной, подостной и подлопаточной мышц (табл. 4).

Таблица 3/Table 3

**Зависимость клинических исходов от степени сохранения сухожильной ткани на большом и малом бугорках, баллы**  
**Clinical outcomes depending on preservation state of tendons on the greater and lesser tuberosities, scores**

Показатель функционального состояния сустава	Группа пациентов			
	Сухожильная ткань полностью покрывает данный участок костной ткани	Сухожильная ткань частично покрывает данный участок костной ткани	Сухожильная ткань отсутствует на данном участке костной ткани	<i>p</i>
Малый бугорок	<i>n</i> = 92	<i>n</i> = 28	<i>n</i> = 0	
UCLA	27,1±3,87	28,2±2,55	–	0,222
CS	19,5±10,65	19,5±8,88	–	0,646
ASES	79,0±9,37	79,1±8,83	–	0,909
Большой бугорок:				
• Верхушка	<i>n</i> = 83	<i>n</i> = 2	<i>n</i> = 35	
UCLA	27,2±3,54	29,0±2,83	27,4±3,93	0,4764
CS	19,1±9,31	21,0±2,83	20,4±12,48	0,4682
ASES	79,2±8,22	85,5±3,54	78,5±10,34	0,3261
• Центральная («наклонная») часть	<i>n</i> = 22	<i>n</i> = 83	<i>n</i> = 15	
UCLA	28,1±3,88	27,1±3,44	27,3±4,30	0,9136
CS	16,1±5,78	20,7±10,50	18,1±12,86	0,02186
ASES	81,5±8,20	79,0±8,07	78,7±9,16	0,0379
• Нижняя часть «обрыс»	<i>n</i> = 98	<i>n</i> = 22	<i>n</i> = 0	
UCLA	27,4±3,45	27,0±4,42	–	0,761
CS	19,2±9,46	20,8±13,33	–	0,943
ASES	79,1±8,42	79,0±10,71	–	0,466

Таблица 4/ Table 4

**Корреляционная связь результатов артроскопического костно-сухожильного якорного шва с наличием мышечной атрофии и жировой инфильтрации мышц вращательной манжеты плеча**  
**Correlation between outcomes of arthroscopic bone-tendon anchor suture and presence of muscular atrophy and fatty infiltration of RC muscles**

Показатель	Результаты		
	хороший (n = 13)	удовлетворительный (n = 88)	плохой, (n = 19)
<b>ASES</b>			
Жировая инфильтрация подлопаточной мышцы	–	-0,252	–
Жировая инфильтрация надостной мышцы	-0,656	–	–
<b>CS</b>			
Мышечная атрофия надостной мышцы	–	0,238	0,562
Мышечная атрофия подостной мышцы	–	0,368	–
Жировая инфильтрация надостной мышцы	0,636	–	–
<b>UCLA</b>			
Мышечная атрофия подостной мышцы	-0,684	-0,254	–
Жировая инфильтрация надостной мышцы	-0,664	–	–

$p < 0,05$

Полученные в результате корреляционно-го анализа данные позволили произвести расчет уравнений регрессии для значимых связей и установить границы вероятного достижения хороших клиничко-функциональных исходов (первая группа) для таких показателей, как мышечная атрофия подостной мышцы (не более 40%) и жировая инфильтрация надостной мышцы (не более 23,5%).

### Обсуждение

В литературе опубликованы данные о высокой частоте (от 39,8 до 44%) повторного повреждения реконструированной сухожильной ткани вращательной манжеты после выполнения артроскопического костно-сухожильного якорного шва по данным МРТ и сведения о сохраняющихся при этом удовлетворительных клиничко-функциональных результатах [26, 27]. Так, например, T. Rousseau с соавторами в своей публикации указывают на 44% повторных разрывов после артроскопического костно-сухожильного якорного шва по данным послеоперационных МРТ, но при этом результаты по функциональным шкалам (CS, ASES) находятся в диапазоне удовлетворительных и хороших значений [25]. J.C. Yoo с соавторами приводят данные о высокой частоте (45,5%) повторных разрывов после выполнения артроскопической реконструкции при больших и массивных разрывах

ВМПС и одновременном улучшении клинических исходов с отсутствием статистических различий в группах пациентов, имеющих и не имеющих МР-признаки повторного повреждения [23]. В целом ряде исследований приводятся данные о прогрессировании дегенеративных изменений в реконструированной ткани при удовлетворительных клиничко-функциональных результатах после выполнения частичного артроскопического восстановления [14, 23, 28–31]. Результаты нашего исследования подтверждают эти данные и показывают, что в 33 из 82 выполненных нами полных анатомических реконструкций больших и массивных разрывов вращательной манжеты с использованием артроскопического костно-сухожильного якорного шва имелись МР-признаки повторного повреждения реконструированной сухожильной ткани. При этом показатели оценки сустава в послеоперационном периоде находились в диапазоне удовлетворительных значений (CS  $20,2 \pm 4,4$  для пациентов с рецидивом разрыва и  $19,4 \pm 3,3$  для пациентов, у которых не было зарегистрировано МР-признаков повреждения реконструированной сухожильной ткани). Во всех исследуемых группах пациентов послеоперационные показатели функционального состояния сустава (CS, ASES, UCLA) улучшились по сравнению с дооперационными и имели высокие статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ).

Из 35 (11,5%) больных у 25 (8,1%) вероятными причинами сохраняющегося в послеоперационном периоде болевого синдрома, наряду с изменениями нормальной биомеханики оперированного плечевого сустава, были различные дегенеративно-дистрофические изменения шейного отдела позвоночника, обостряющиеся в период иммобилизации и последующего реабилитационного лечения. Реже встречались ятрогенное повреждение передней двигательной ветви аксиллярного нерва — у 3 (8,6%) пациентов, эпикондилит дистального метаэпифиза плеча — у 1 (2,8%) пациента, синдром карпального канала у — 2 (5,6%) пациентов.

Поскольку в большинстве выполненных МРТ-исследований мы не могли верифицировать границу между подостной и малой круглой мышцами, возникла гипотеза совместного функционирования этих двух мышц и компенсаторной гипертрофии малой круглой мышцы, которая может иметь положительное влияние на клинические исходы частичного восстановления больших и массивных разрывов ВМПС. Предшествующие анатомические исследования подтверждают нашу идею рассматривать подостную и малую круглую мышцы как единое целое ввиду сложности нахождения границы между этими структурами [32].

Кроме того, в проведенном исследовании мы показали, что полная анатомическая и частичная реконструкция сухожильной ткани ВМПС при больших и массивных разрывах дает сопоставимые исходы, находящиеся в диапазоне удовлетворительных значений ( $19,4 \pm 3,3$  для пациентов с полной анатомической реконструкцией и  $18,8 \pm 4,4$  для пациентов с частичным восстановлением по шкале CS). Это также подтверждается данными литературы [30, 33]. Так, S.S. Burkhart с соавторами в своей публикации приводят данные обследования 41 пациента после полной и частичной реконструкции ВМПС с использованием артроскопического костно-сухожильного якорного шва, продемонстрировав средний показатель послеоперационного состояния сустава по шкале UCLA  $29,5 \pm 5,9$  при полном отсутствии статистически значимых различий в результатах, наблюдаемых между частичной и полной анатомической реконструкцией ВМПС [24].

В литературе описывается ряд факторов, имеющих значимое влияние на результат хирургического лечения указанной категории больных как с использованием артроскопического костно-сухожильного якорного шва, так и при реверсном эндопротезировании плечевого сустава. К ним относятся длительность существования симптоматики (до 3 лет

и более), жировая инфильтрация надостной и подостной мышц (более 2 степени по классификации D. Goutallier), рентгенологические признаки АПС (более 2 стадии по классификации K. Hamada) [17]. Мы также изучили значение ряда факторов, характеризующих пациента и особенности повреждения как в подгруппах больных с разными клинико-функциональными исходами, так и в подгруппах пациентов с состоявшейся полной, частичной реконструкцией и повторным разрывом сухожильной ткани вращательной манжеты по данным послеоперационных МРТ. В результате были установлены статистически значимые различия в МРТ-показателях мышечной атрофии и жировой инфильтрации, характеризующих состояние мышечной ткани вращательной манжеты — между подгруппами А и В и подгруппой С. Повторный разрыв ассоциировался с более высокими показателями мышечной атрофии и жировой инфильтрации подостной и малой круглой мышц и подлопаточной мышц — 36,5 и 16,8% и 19,8 и 8,7% соответственно. Этот факт указывает на состоящуюся полную или частичную реконструкцию ВМПС как на фактор, значимо предупреждающий дальнейшую прогрессию жирового перерождения мышечной ткани.

Важным фактом можно считать наибольшую степень показателей мышечной атрофии и жировой инфильтрации от 65,1 до 71,9% и от 15 до 19,5% надостной мышцы у всех пациентов. В связи с этим можно утверждать, что клинико-функциональный эффект артроскопического костно-сухожильного якорного шва при больших и массивных разрывах ВМПС достигался за счет реконструкции подостной/малой круглой мышц сзади и подлопаточной мышцы спереди. Данное исследование также доказало значимую связь состоявшегося приживления сухожилий подостной/малой круглой мышц в центральной наклонной части большого бугорка плечевой кости с более высокими показателями послеоперационной оценки у пациентов исследуемой группы. Указанные обстоятельства могут служить еще одним подтверждением правильности теории «сбалансированных компрессирующих головку плечевой кости сил» от подлопаточной мышцы по передней поверхности подостной мышцы по задней поверхности плечевого сустава [34, 24, 35]. Согласно этой теории, подлопаточная, а также покостная и малая круглая мышцы могут обеспечить адекватную компрессию головки плечевой головки к суставной впадине лопатки, даже если в верхней части ВМПС имеется значительный остаточный дефект [36]. Так, по данным G. Porcellini с соавторами [27], частичная реконструкция ВМПС

с восстановлением сухожилий подостной/малой круглой мышц и подлопаточной мышцы у 67 пациентов с массивными невосстановимыми разрывами ВМПС позволила получить удовлетворительные и хорошие исходы. Принимая правильность теории «сбалансированных компрессирующих головок плечевой кости сил», необходимо подчеркнуть важность диагностики повреждений сухожилия подлопаточной мышцы и его обязательного анатомического восстановления для создания адекватного баланса наружным ротаторам (подостной/малой круглой мышцам), несмотря на то, что в нашем исследовании мы не получили статистически значимых различий в показателях исходов у пациентов с различной степенью контакта сухожильной ткани подлопаточной мышцы с малым бугорком плечевой кости.

Корреляционный анализ позволил нам установить границы вероятного достижения хороших результатов артроскопического костно-сухожильного якорного шва для значимых связей с такими показателями, как мышечная атрофия подостной мышцы (не более 40%) и жировая инфильтрация надостной мышцы (не более 23,5%). Вероятно, если указанные показатели будут выше приведенных границ, может возникнуть потребность в проведении дополнительных реконструктивных вмешательств (мышечно-сухожильных трансферов).

Начиная с 1980 г. для замещения наружных ротаторов плечевого сустава, подвергшихся жировому перерождению, были предложены вмешательства по перемещению сухожилий других мышц плеча, не входящих в состав ВМПС: трансфер трапециевидной мышцы [37], трансфер передне-латеральной части дельтовидной мышцы [38] и трансфер сухожилия широчайшей мышцы спины (СШМС) [39]. С. Gerber и J. L'Episcopo представили описание техники открытого трансфера СШМС вместе с большой круглой мышцей (внутренних ротаторов плеча) в позицию мышц наружных ротаторов (надостной, подостной и малой круглой) для пациентов с их выраженным жировым перерождением [40, 41]. В 2003 г. E. Gervasi [16] предложил артроскопически ассистированную технику трансфера СШМС для минимизации хирургической травмы дельтовидной мышцы и снижения вероятности ятрогенного повреждения нервно-сосудистых образований [42]. Совершенствование артроскопической техники и накопление опыта выполнения таких вмешательств у пациентов с массивными невосстановимыми разрывами ВМПС на сегодняшний день, безусловно, является актуальной задачей ортопедии.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература / References

1. Архипов С.В., Кавалерский Г.М. Хирургия плечевого сустава. М.: ГРАНАТ, 2015. 206 с.  
Arkhipov S.V., Kavalerskii G.M. Khirurgiya plechevogo sustava [Surgery of the shoulder joint]. Moscow: GRANAT; 2015. 206 p. (in Russian).
2. Литвин Ю.П., Чабаненко И.П. Патология вращательной манжеты плеча. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2001;(3):118-128.  
Litvin Yu.P., Chabanenko I.P. [Pathology of the rotator cuff of the shoulder]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* [Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics]. 2001;(3):118-128. (in Russian).
3. Макаревич Е.Р. Лечение неосложненных повреждений вращательной манжеты. *Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова*. 2001;(3):29-33.  
Makarevich E.R. [Treatment of uncomplicated rotational cuff injuries]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [Reporter of Traumatology and Orthopedics named Priorov]. 2001;(3):29-33. (in Russian).
4. Прудников Е.Е., Прудников О.Е. Факторы влияющие на результаты оперативного лечения разрывов вращательной манжеты плеча. *Травматология и ортопедия России*. 1994;(5):69-75.  
Prudnikov E.E., Prudnikov O.E. [Factors affecting the results of surgical treatment of rupture of the rotator cuff of the shoulder]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 1994;(5):69-75. (in Russian).
5. Тихилов Р.М., Доколин С.Ю., Кузнецов И.А., Трачук А.П., Зайцев Р.В., Заболотский Д.В., Артюх В.А., Базаров И.С., Трухин К.С. Возможности артроскопии в лечении повреждений вращающей манжеты плеча. *Травматология и ортопедия России*. 2011;(2):7-15. DOI:10.21823/2311-2905-2011-0-2-7-15.  
Tikhilov R.M., Dokolin S.Y., Kuznetsov I.A., Trachuk A.P., Zaitsev R.V., Zabolotsky D.V., Artyukh V.A., Bazarov I.S., Trukhin K.S. [Arthroscopy possibilities in treatment of injuries of the shoulder rotator cuff]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(2):7-15. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2011-0-2-7-15.
6. Denard P.J., Jiwani A.Z., Lädermann A., Burkhart S.S. Long-term outcome of arthroscopic massive rotator cuff repair: the importance of double-row fixation. *Arthroscopy*. 2012;28(7):909-915. DOI: 10.1016/j.arthro.2011.12.007.
7. Burkhart S.S. Internal impingement of the shoulder. *Instr Course Lect*. 2006;55:29-34.
8. Bedi A., Dines J., Warren R.F., Dines D.M. Massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(9):1894-1908. DOI: 10.2106/JBJS.I.01531.
9. Minagawa H., Yamamoto N., Abe H., Fukuda M., Seki N., Kikuchi K., Kijima H., Itoi E. Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: From mass-screening in one village. *J Orthop*. 2013;10(1):8-12. DOI: 10.1016/j.jor.2013.01.008.
10. Yamamoto A., Takagishi K., Osawa T., Yanagawa T., Nakajima D., Shitara H., Kobayashi T. Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population.

- J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(1):116-120.  
DOI: 10.1016/j.jse.2009.04.006.
11. Cofield R.H. Arthroscopy of the shoulder. *Mayo Clin Proc.* 1983;58(8):501-508.
  12. Gerber C., Fuchs B., Hodler J. The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(4):505-515.
  13. Patte D. Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(254):81-86.
  14. Berth A., Neumann W., Awiszus F., Pap G. Massive rotator cuff tears: Functional outcome after debridement or arthroscopic partial repair. *J Orthop Traumatol.* 2010;11(1):13-20.  
DOI: 10.1007/s10195-010-0084-0.
  15. Denard P.J., Koo S.S., Murena L., Bukhart S.S. Pseudoparalysis: the importance of rotator cable integrity. *Orthopedics.* 2012;35(9):e1353-1357.  
DOI: 10.3928/01477447-20120822-21.
  16. Gervasi E., Causero A., Parodi P.C., Raimondo D., Tancredi G. Arthroscopic latissimusdorsi transfer. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1243.e1-4.
  17. Hamada K., Yamanaka K., Uchiyama Y., Mikasa T., Mikasa M. A radiographic classification of massive rotator cuff tear arthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(9):2452-2460.  
DOI: 10.1007/s11999-011-1896-9.
  18. Miyazaki A.N., Santos P.D., do Val Sella G., Checchia C.S., Salata T.R., Checchia S.L. Evaluation of the functional results after rotator cuff arthroscopic repair with the suture bridge technique. *Rev Bras Ortop.* 2017;52(2):164-168.  
DOI: 10.1016/j.rboe.2016.05.008.
  19. Neer C.S., Craig E.V., Fukuda H. Cuff-tear arthropathy. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(9):1232-1244.
  20. Dornan G.J., Katthagen J.C., Tahal D.S., Petri M., Greenspoon J.A., Denard P.J., Burkhart S.S., Millett P.J. Cost-Effectiveness of Arthroscopic Rotator Cuff Repair Versus Reverse Total Shoulder Arthroplasty for the Treatment of Massive Rotator Cuff Tears in Patients With Pseudoparalysis and Nonarthritic Shoulders. *Arthroscopy.* 2017;33(4):716-725.  
DOI: 10.1016/j.arthro.2016.08.028.
  21. Galatz L.M., Ball C.M., Teefey S.A., Middleton W.D., Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(2):219-224.
  22. Lee E., Choi J.A., Oh J.H., Ahn S., Hong S.H., Chai J.W., Kang H.S. Fatty degeneration of the rotator cuff muscles on pre- and postoperative CT arthrography (CTA): is the Goutallier grading system reliable? *Skeletal Radiol.* 2013;42(9):1259-1267.  
DOI: 10.1007/s00256-013-1660-1.
  23. Yoo J.C., Ahn J.H., Koh K.H., Lim K.S. Rotator cuff integrity after arthroscopic repair for large tears with less-than-optimal footprint coverage. *Arthroscopy.* 2009;25(10):1093-1100.  
DOI: 10.1016/j.arthro.2009.07.010.
  24. Burkhart S.S. Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(267):45-56.
  25. Rousseau T., Roussignol X., Bertiaux S., Duparc F., Dujardin F., Courage O. Arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears using the side-to-side suture technique. Mid-term clinical and anatomic evaluation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(4 Suppl):S1-8.  
DOI: 10.1016/j.otsr.2012.04.010.
  26. Chung S.W., Kim J.Y., Kim M.H., Kim M.H., Kim S.H., Oh J.H. Arthroscopic repair of massive rotator cuff tears: outcome and analysis of factors associated with healing failure or poor postoperative function. *Am J Sports Med.* 2013;41(7):1674-1683.  
DOI: 10.1177/0363546513485719.
  27. Porcellini G., Castagna A., Cesari E., Merolla G., Pellegrini A., Paladini P. Partial repair of irreparable supraspinatus tendon tears: clinical and radiographic evaluations at long-term follow-up. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(7):1170-1177.  
DOI: 10.1016/j.jse.2010.11.002.
  28. Duralde X.A., Bair B. Massive rotator cuff tears: The result of partial rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14(2):121-127.
  29. Iagulli N.D., Field L.D., Hobgood E.R., Ramsey J.R., Savoie F.H. 3rd. Comparison of partial versus complete arthroscopic repair of massive rotator cuff tears. *Am J Sports Med.* 2012;40(5):1022-1026.  
DOI: 10.1177/0363546512438763.
  30. Wellmann M., Lichtenberg S., da Silva G., Magosch P., Habermeyer P. Results of arthroscopic partial repair of large retracted rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2013;29(8):1275-1282.  
DOI: 10.1016/j.arthro.2013.05.006.
  31. Yoo J.C., Koh K.H., Woo K.J., Shon M.S., Koo K.H. Clinical and radiographic results of partial repairs in irreparable rotator cuff tears: Preliminary report (SS-05). *Arthroscopy.* 2010;26(6):e3.  
DOI: 10.1016/j.arthro.2010.04.015.
  32. Nishi S. Miologio de la Japano: Statistika raporto pri muskolanomalioj ce japanoj. II. Muskoloj de supramembro. *Gumma J Med Sci.* 1952;2:1-13.
  33. Burkhart S.S., Nottage W.M., Ogilvie-Harris D.J., Kohn H.S., Pachelli A. Partial repair of irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 1994;10(4):363-370.
  34. Burkhart S.S., Esch J.C., Jolson R.S. The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge". *Arthroscopy.* 1993;9(6):611-616.
  35. Thompson W.O., Debski R.E., Boardman N.D. 3rd, Taskiran E., Warner J.J., Fu F.H., Woo S.L. A biomechanical analysis of rotator cuff deficiency in a cadaveric model. *Am J Sports Med.* 1996;24(3):286-292.
  36. Lippitt S., Matsen F. Mechanisms of glenohumeral joint stability. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(291):20-28.
  37. Mikasa M. Trapezius transfer for global tears of the rotator cuff. In: Bateman J., Welsh R.R., eds. *Surgery of the shoulder.* Philadelphia: Decker; 1984. pp. 104-112.
  38. Apoil A., Augereau B. Réparation par lambeau de deltoïde des grandes pertes de substances de la coiffe des rotateurs de l'épaule. *Chirurgie.* 1985;11:287-290.
  39. Gerber C., Vinh T.S., Hertel R., Hess C.W. Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(232):51-61.
  40. Gerber C. Latissimusdorsitransfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;275:152-160.
  41. L'Episcopo J. Tendon transplantation on obstetrical paralysis. *Am J Surg.* 1934;25(1):122-125.  
DOI: 10.1016/S0002-9610(34)90143-4.
  42. Jost B., Pfirrmann C.W., Gerber C., Switzerland Z. Clinical outcome after structural failure of rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(3):304-314.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ:

*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

*Марченко Илья Владимирович* — аспирант, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Белых Ольга Александровна* — врач-рентгенолог, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Найда Дарья Александровна* — врач травматолог-ортопед, Филиал № 5 ФГКУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России, Москва

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*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

*Ilya V. Marchenko* — Graduate Student, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Ol'ga A. Belykh* — Radiologist, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Daria A. Naida* — Orthopedic Surgeon, Branch N 5 FSI «Main Military Clinical Hospital N.N. Burdenko», Moscow, Russian Federation

# Сравнительный анализ результатов лечения пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С

В.В. Хоминец<sup>1</sup>, А.Л. Кудяшев<sup>1</sup>, А.Л. Печкуров<sup>2</sup>, А.О. Федотов<sup>1</sup>, С.О. Наниев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны РФ  
Ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Санкт-Петербургский многопрофильный центр» Минздрава России  
Набережная р. Фонтанки, д. 154, Санкт-Петербург, 190103, Россия

<sup>3</sup> ФГУ «1472 Военно-морской клинический госпиталь» Минобороны РФ  
Ул. Госпитальный спуск, д. 1, г. Севастополь, Республика Крым, 299001, Россия

## Резюме

**Цель исследования** – разработать и внедрить усовершенствованные подходы к диагностике и тактике хирургического лечения пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости.

**Материал и методы.** В исследование включены 126 пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С, которым выполнили накостный остеосинтез пластинами в 2005–2012 гг. Результаты хирургического лечения изучены в срок от 2,5 до 9 лет (в среднем 5,7±2,3 года) после операций у 126 больных. Их средний возраст составил 23,4±2,1 лет. Пациенты были разделены на основную группу (64 больных) и контрольную группу (62 пациента). В контрольной группе применялись традиционные подходы к диагностике и хирургическому лечению, предполагающие выполнение стандартного клинического обследования и рентгенографии голеностопного сустава в двух проекциях, применение срединного доступа к дистальному метаэпифизу большеберцовой кости. В основной группе на основе усовершенствованной диагностической программы был использован разработанный алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики. Клинико-функциональные данные оценивали по шкалам FAOS и SF-36. Рентгенологическую оценку проводили по рентгенограммам голеностопного сустава и данным КТ. Оценка значимости различий в выборках проводили по критерию Вальда – Вольфовица и точному критерию Фишера.

**Результаты.** Усовершенствованные подходы к тактике хирургического лечения пострадавших с переломами пилона типов В и С позволили сократить частоту неудовлетворительных анатомо-функциональных исходов с 43,5% до 28,1%. Количество удовлетворительных и хороших исходов при применении усовершенствованных лечебно-диагностических подходов возросло на 4,7% и 10,7% соответственно.

**Выводы.** Предложенные усовершенствованные подходы к диагностике тяжелых внутрисуставных переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости позволили увеличить информативность диагностического комплекса и избежать расхождений в пред- и интраоперационной оценке типа перелома, а также диагностических ошибок при выявлении импрессии суставной фасетки дистального метаэпифиза большеберцовой кости.

**Ключевые слова:** переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости, хирургическое лечение переломов голеностопного сустава.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-69-79.

✉ Хоминец В.В., Кудяшев А.Л., Печкуров А.Л., Федотов А.О., Наниев С.О. Сравнительный анализ результатов лечения пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):69-79. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-69-79.

**Cite as:** Khominets V.V., Kudyashev A.L., Pechkurov A.L., Fedotov A.O., Naniev S.O. [Comparative Analysis of Treatment Outcomes in Patients with Types B and C Pylon Fractures]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3): 69-79. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-69-79.

✉ Федотов Алексей Олегович. Ул. Боткинская, д. 13, Санкт-Петербург, 194044, Россия / Alexey O. Fedotov. 13, ul. Botkinskaya, St. Petersburg, 194044, Russian Federation; e-mail: alexfedot83@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 05.06.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 01.09.2017.

## Comparative Analysis of Treatment Outcomes in Patients with Types B and C Pylon Fractures

V.V. Khominets<sup>1</sup>, A.L. Kudiyashev<sup>1</sup>, A.L. Pechkurov<sup>2</sup>, A.O. Fedotov<sup>1</sup>, S.O. Naniev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Kirov Military Medical Academy  
6, ul. Akademika Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russian Federation*

<sup>2</sup> *St. Petersburg Multiprofile Center  
154, Naberezhnaya r. Fontanki, St. Petersburg, 190103, Russian Federation*

<sup>3</sup> *1472 Naval Clinical Hospital  
1, ul. Gospital'nyi spusk, Sevastopol, Republic of Crimea, 299001, Russian Federation*

### Abstract

**Objective** – to develop and implement improved approaches to the diagnosis and tactics of surgical treatment in patients with fractures of the distal tibia metaepiphysis.

**Material and methods.** The study included 126 patients with fractures of distal tibia metaepiphysis of «B» and «C» types who underwent internal fixation with plates in 2005–2012. The authors analyzed surgical treatment outcomes within the period from 2.5 to 9 years (average of 5.7–2.3 years) of postoperative follow up. Average age of patients was 23.4±2.1 years. Patients were divided into the main group (64 patients) and the comparison group (62 patients). In the comparison group, traditional approaches to diagnosis and surgical treatment were used, including standard clinical examination and X-rays of the affected ankle in two views and the median access to the distal tibia metaepiphysis. In the main group, a specially elaborated algorithm for selection of optimal surgical tactics was utilized basing on the improved diagnostics program. Clinical and functional data were assessed by Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) and SF-36 Health Survey. Roentgenological assessment was done by X-rays and CT scans. Statistical significance of the differences was evaluated by Wald-Wolfowitz and Fisher tests.

**Results.** Improved approaches to the tactics of surgical treatment in patients with pylon fractures of «B» and «C» types allowed to reduce the incidence of unsatisfactory anatomical and functional outcomes from 43.5% to 28.1%. The number of satisfactory and good outcomes increased by 4.7% and 10.7% respectively after application of improved therapeutic and diagnostic approaches.

**Conclusion.** Proposed improved approaches to verification of severe intraarticular fractures of the distal tibia metabiphysis allowed to increase the informative value of the diagnostic procedures and to avoid discrepancies between pre- and intraoperative assessment of fracture type by classifications of M. Mueller-AS (1989) and X. Tang, P. Tang (2012) as well as to avoid diagnostic errors in detecting the facet impression of the distal tibia metaepiphysis.

**Keywords:** pylon fractures, surgical treatment of ankle joint fractures.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-69-79.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

### Введение

Частота тяжелых внутрисуставных переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости (ДМЭБК) достигает 10% среди всех переломов костей нижних конечностей [1–4].

Основными их причинами являются ката-травма и дорожно-транспортные происшествия [1, 5]. Нередко рассматриваемые повреждения являются компонентом сочетанной травмы [1, 6–9]. Чаще всего переломы пилона встречаются у молодых трудоспособных пациентов, склонных к высокой физической активности, а нередко — и к занятиям экстремальными видами спорта. При этом переломы ДМЭБК имеют высокоэнергетический характер [2, 4, 6, 10].

Мягким тканям, окружающим голеностопный сустав, в момент получения травмы передается высокая кинетическая энергия. Этот факт, с учетом особенностей анатомии данной облас-

ти, неизбежно приводит к трофическим нарушениям мягких тканей, покрывающих зону перелома [4, 11–13]. С практической точки зрения интересен тот факт, что достигнутые результаты лечения коррелируют с тяжестью перелома и травмой мягких тканей, а также качеством хирургического лечения [2, 7]. Огромное значение для достижения удовлетворительного исхода, помимо лечения, имеет также информативность диагностических методов, применяемых для определения типа перелома, наличия импрессии и характера смещения отломков [14–17].

Важно отметить, что, несмотря на широкое внедрение в клиническую практику высокоинформативных диагностических методов, постоянное совершенствование хирургической техники, разработку современных, в том числе минимально инвазивных технологий остеосин-

теза, достигаемые анатомо-функциональные результаты лечения пациентов рассматриваемого профиля не могут быть в полной мере признаны удовлетворительными как для больных, так и для травматологов-ортопедов. На это указывает тот факт, что 43% ранее работавших лиц оказываются неспособными вернуться к прежнему труду, при этом 68% из них связывают это исключительно с последствиями перенесенной травмы [14]. Глубокие инфекции после хирургического лечения у пострадавших с переломами пилона наблюдаются в 5% наблюдений, в то время как различные нарушения консолидации достигают 18% [1, 18]. Посттравматический артроз голеностопного сустава развивается у 13–54% пациентов [1, 19]. Сложность лечения данной патологии подтверждает и доля повторных хирургических вмешательств, направленных на коррекцию ортопедических последствий перенесенной травмы, достигающая 40%. При этом лечение 26% пострадавших заканчивается выходом на инвалидность [15, 20–22].

Помимо объективных технических трудностей, имеющих место при выполнении оперативного лечения, причиной неудовлетворительных анатомо-функциональных результатов нередко является ряд ошибок, допускаемых травматологами-ортопедами в процессе диагностики и хирургического лечения пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости [1, 9, 15, 23]. Зачастую ошибки связаны с расхождением в пред- и послеоперационном диагнозах, а именно в типе и наличии импрессионного характера перелома, достигающих 17,7%. Эти неточности в 11,2% наблюдений требуют изменения оперативной тактики [18, 24, 25]. Указанные факты диктуют необходимость внедрения диагностических методов исследования, способных точно оценить повреждения и определить оптимальную тактику лечения [9, 11, 26–30].

Несмотря на современные достижения в изучении проблемы лечения тяжелых внутрисуставных переломов ДМЭБК, накопленный опыт и данные исследований до настоящего времени не позволили прийти к единому мнению об объеме предоперационного обследования и хирургической технике.

**Цель исследования** – улучшить результаты лечения больных с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С путем разработки и внедрения усовершенствованных подходов к диагностике и тактике хирургического лечения.

## Материал и методы

Были проанализированы результаты лечения 126 пострадавших с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости типов В и С по классификации М. Мюллера (1989), из них 92 мужчины (73%) и 34 женщины (27%) в возрасте от 21 до 64 лет (в среднем  $23,4 \pm 2,1$  года). Всем пациентам в период с 2005 по 2012 г. был выполнен накостный остеосинтез пластинами.

Больные были распределены на две сравнимые группы в зависимости от применявшейся тактики лечения. Первую группу (основную) составили 64 (50,7%) пострадавших с переломами ДМЭБК, оперированные с применением усовершенствованных подходов в период с 2010 по 2012 г. Вторую группу (контрольную) составили 62 (49,3%) больных с аналогичными переломами, лечившиеся с применением традиционной диагностической и хирургической тактики в период с 2005 по 2009 г.

Традиционные этапы диагностического исследования включали выполнение стандартного клинического обследования и рентгенографии пострадавшего голеностопного сустава в двух проекциях.

Усовершенствованная диагностическая программа включала выполнение традиционного комплекса клинико-рентгенологического обследования, дополненного рентгенологическим исследованием травмированного голеностопного сустава в условиях тракции за дистальный сегмент. Из основной группы 34 пациентам (53,2%) рентгенологическое исследование выполняли в условиях скелетного вытяжения за пяточную кость, а 8 (12,5%) – после выполнения остеосинтеза аппаратом внешней фиксации (АВФ). Дополнительно применяли компьютерную томографию (КТ) и ультразвуковое исследование (УЗИ) вен нижних конечностей.

Распределение пострадавших сравнимых групп в зависимости от методов обследования при поступлении в клинику приведено в таблице 1.

У некоторых пациентов контрольной группы применялись дополнительные методы лучевой диагностики. Однако их использование в рассматриваемый период (2005–2009 гг.) носило бессистемный характер и служило, в первую очередь, для накопления клинического опыта диагностики переломов ДМЭБК.

Распределение пациентов по типам переломов ДМЭБК в соответствии с классификацией АО представлено в таблице 2, с классификацией N. Ruedi и M. Allgower (1969) отражено в таблице 3, с КТ-классификацией X. Tang и P. Tang [11] в таблице 4.

Таблица 1/Table 1

**Методы обследования в сравниваемых группах пациентов по при первичном поступлении**  
**Examination methods of patients at primary admission**

Метод обследования		Основная группа (n = 64)		Контрольная группа (n = 62)		Всего (n = 126)	
		Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
Клинические	Объективное обследование	64	100	62	100	126	100
	Обследование локального статуса	64	100	62	100	126	100
Дополнительные	Лабораторное исследование	64	100	62	100	126	100
	Стандартная рентгенография голеностопного сустава	64	100	62	100	126	100
	Рентгенография голеностопного сустава с вытяжением	34	53,2	17	27,4	51	40,4
	УЗИ вен нижних конечностей	64	100	29	46,7	93	73,8
	КТ голеностопного сустава	64	100	19	30,6	83	65,9

Таблица 2/Table 2

**Распределение пострадавших сравниваемых групп по типу перелома по классификации АО**  
**Distribution of patients in compared groups by fracture type according to AO classification**

Тип перелома		Основная группа (n = 64)		Контрольная группа (n = 62)		Всего (n = 126)	
		Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Тип В	B1	4	6,5	4	6,2	8	6,3
	B2	16	25	12	19,3	28	22,2
	B3	11	17,1	14	22,5	25	19,8
Тип С	C1	11	17,1	9	14,5	20	15,8
	C2	10	15,6	13	20,9	23	18,2
	C3	12	18,7	10	16,6	22	17,7
Итого		64	100	62	100	126	100

Таблица 3/Table 3

**Распределение пострадавших сравниваемых групп по типу перелома по классификации N. Ruedi и M. Allgower (1969)**  
**Distribution of patients in compared groups by fracture type according to classification of N. Ruedi and M. Allgower (1969)**

Тип перелома	Основная группа (n = 64)		Контрольная группа (n = 62)		Всего (n = 126)	
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
I	15	23,4	13	21,1	28	22,2
II	26	40,1	25	40,3	51	40,5
III	23	36,5	24	38,6	47	37,3
Итого	64	100	62	100	126	100

Таблица 4/Table 4

**Распределение пациентов сравниваемых групп по типу перелома в соответствии с КТ-классификацией X. Tang, P. Tang (2012)\***  
**Distribution of patients in compared groups by fracture type according to CT classification of X. Tang, P. Tang [11]**

Колонна ДМЭБК	Основная группа (n = 64)		Контрольная группа (n = 62)		Всего (n = 126)	
	Абс. число	%	Абс. число	%	Абс. число	%
Передняя	58	31,8	54	28,4	112	30,2
Задняя	41	22,5	47	24,7	88	23,6
Медиальная	49	26,9	52	27,3	101	27,1
Латеральная	34	18,8	37	19,6	71	19,1
Итого	182	100	190	100	372	100

\* Общее количество клинических наблюдений больше, чем количество пострадавших, включенных в исследование, так как у одного пациента, как правило, имели место переломы двух и более колонн ДМЭБК.

Несмотря на сочетание локализаций повреждений суставной фасетки (передняя и медиальная колонны или задняя и медиальная колонны и др.) в основе выбора хирургического доступа у пациентов основной группы лежало определение зоны с наиболее тяжелыми повреждениями и наличием наиболее крупного отломка. Характерным было использование трех вариантов хирургических доступов: переднемедиального (51 пострадавший или 77,5%), переднебокового (13 пациентов или 19,5%) и заднебокового (2 пострадавших или 3%). В основе выбора хирургического доступа лежало всестороннее изучение типа перелома, основанное на классификациях АО, N. Ruedi и M. Allgower (1969), а также X. Tang, P. Tang (2012), ставшее возможным после внедрения предложенных усовершенствованных диагностических подходов. Использование этих хирургических доступов позволяло получить достаточный обзор зоны перелома, диагностировать наличие импрессии, выполнить анатомичную репозицию суставной фасетки и костную пластику.

Еще одной особенностью хирургических доступов, использованных в процессе лечения пострадавших основной выборки, являлась их величина. С учетом применения открытой техники репозиции только для восстановления анатомии суставной фасетки ДМЭБК и минимально инвазивного остеосинтеза, средняя протяженность операционных разрезов составила  $7,0 \pm 0,5$  см (от 6,0 до 7,5 см), что статистически значимо меньше, чем у пострадавших контрольной группы.

Во время лечения пострадавших второй группы, вне зависимости от морфологии перелома, в абсолютном большинстве клинических наблюдений применяли срединный доступ к дистальному метаэпифизу большеберцовой

кости (58 больных или 93,5%). Значительно реже использовали переднебоковой хирургический доступ (4 больных или 6,5%).

Сроки наблюдения варьировали от 2,5 до 9 лет после операции и составили в среднем  $5,7 \pm 2,3$  года. Оценку результатов проводили методами клинического обследования: жалобы пострадавших с исходами хирургического лечения тяжелых внутрисуставных переломов ДМЭБК, исследование амплитуды движений в голеностопном суставе, лучевые методы (рентгенография, КТ). Для объективизации данных использовали шкалы FAOS (Foot and Ankle Outcome Score) и SF-36 (The SF-36 Health Survey).

Полученные клинические результаты обрабатывались с использованием программы STATISTICA for Windows 8. Оценку значимости различий в выборках проводили по критерию Вальда – Вольфовица и точному критерию Фишера. Критерием статистической значимости получаемых выводов мы считали общепринятую в медицине величину  $p < 0,05$ .

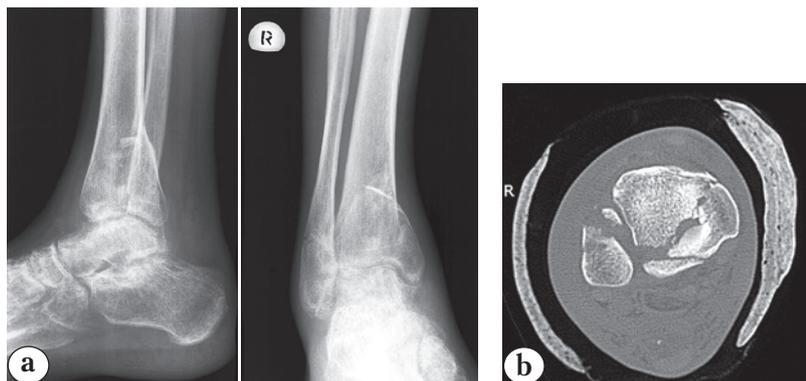
### Результаты и обсуждение

С целью оценки эффективности усовершенствованных подходов к диагностике тяжелых внутрисуставных переломов ДМЭБК был проведен сравнительный анализ стандартной и усовершенствованной диагностических программ. Дополнительно была выполнена оценка морфологии перелома ДМЭБК интраоперационно, полученные данные сравнивали с результатами предоперационной диагностики по стандартной и усовершенствованной программам. В результате проведенного сравнения были выявлены расхождения в трактовках типов перелома у пациентов основной группы на основании рентгенологического исследования и после

выполнения КТ. Установлено, что частота диагностических ошибок, допущенных в результате анализа данных исключительно традиционной рентгенографии или ее сочетания с рентгенологическим исследованием во время тракции за дистальный от перелома сегмент, достигала 14,5% (9 пострадавших). В абсолютном большинстве из них ошибки в определении типа перелома по классификации АО характеризовались тенденцией к уменьшению тяжести перелома. Так, у 5 (8,1%) пострадавших изначально

по данным рентгенографии перелом ДМЭБК был классифицирован как перелом типа В2, однако после выполнения КТ голеностопного сустава трактован как перелом типа В3 (рис. 1).

Аналогичная тенденция отчетливо прослеживалась при сравнительной оценке данных рентгенографии и КТ-диагностики импрессии суставной поверхности ДМЭБК при рассматриваемой травме. Доля ошибок в определении импрессионного характера перелома достигала 17,7% (11 клинических случаев) (рис. 2).

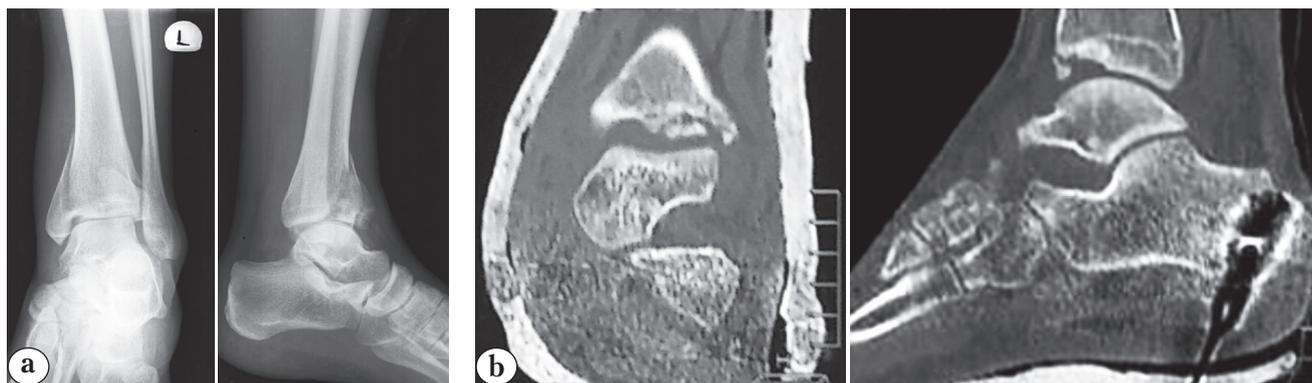


**Рис. 1.** Результаты исследования правого голеностопного сустава пациента Л.:

а – рентгенограммы в прямой и боковой проекциях – диагностирован перелом типа 4.3-В2 по классификации АО; б – КТ голеностопного сустава – диагностирован перелом 4.3-В3 по классификации АО или перелом задней и медиальной колонны пилона с импрессией центральной части дистальной суставной поверхности ДМЭБК по классификации X. Tang, P. Tang

**Fig. 1.** Examination of right ankle joint patient L.:

а – x-rays in AP and lateral view, diagnosed a 4.3-B2 fracture type by AO classification; б – CT of ankle joint, diagnosed a 4.3-B3 fracture type by AO classification or fracture of posterior and medial pylon columns with impression of central part of distal articular surface by classification of X. Tang, P. Tang



**Рис. 2.** Результаты дополнительного исследования левого голеностопного сустава пострадавшей М.:

а – рентгенограммы в прямой и боковой проекциях; импрессия не диагностирована; б – КТ голеностопного сустава; диагностирована импрессия суставной фасетки ДМЭБК в передней колонне (по классификации X. Tang, P. Tang)

**Fig. 2.** Results of supplementary examination of the left ankle joint of female patient M.:

а – AP and lateral X-rays, impression was not diagnosed; б – CT of ankle joint, an impression of articular facet is diagnosed in anterior column according to classification of X. Tang, P. Tang

Результаты КТ голеностопного сустава позволили диагностировать наличие, величину и локализацию импрессии суставной фасетки ДМЭБК и избежать грубых ошибок в определении типа перелома по классификации АО, а также верифицировать тип перелома по классификациям N. Ruedi и M. Allgower (1969) и X. Tang, P. Tang (2012).

Анализ диагностических методов у пациентов второй группы свидетельствовал, что традиционные подходы к предоперационному обследованию не предполагали обязательного выполнения рентгенографии после выполнения скелетного вытяжения или остеосинтеза в АВФ, а также КТ голеностопного сустава и УЗИ вен нижних конечностей. Поэтому в ряде клинических наблюдений не удалось адекватно оценить характер перелома и импрессии суставной поверхности ДМЭБК. Вышеперечисленные факторы зачастую приводили к ошибкам при определении типа и особенностей перелома ДМЭБК и, как следствие, к выбору нерациональной хирургической тактики.

Выявленные расхождения потребовали у 7 (11,2%) больных изменения хирургической тактики, в частности выполнения незапланированной костной пластики аутотрансплантатом из гребня крыла подвздошной кости, расширения операционного доступа для улучшения визуализации и выполнения репозиции, а также применения отличных от подобранных при предоперационном планировании металлоконструкций.

Эффективность предложенной усовершенствованной тактики хирургического лечения оценивали в период от 2,3 до 9 лет после хирургической операции. Дополнительно проводили корреляционный анализ зависимости

результатов хирургического лечения переломов ДМЭБК от типа перелома (по классификации АО), наличия импрессии, варианта использованного хирургического доступа и применения костной пластики.

В первую очередь проводили оценку жалоб пострадавших после хирургического лечения тяжелых внутрисуставных переломов ДМЭБК. Ведущими из них были жалобы на боль, тугоподвижность в голеностопном суставе, а также на отек мягких тканей и деформацию этой области (табл. 5).

Результаты межгруппового анализа частоты жалоб, предъявляемых пациентами, свидетельствуют о наличии статистически значимых различий в сравниваемых выборках по ряду параметров. Так, боль при движении чаще ( $p = 0,01$ ) имела место у пациентов контрольной группы. Однако значимых различий в частоте встречаемости болевого синдрома в покое выявить не удалось. Жалобы на тугоподвижность голеностопного сустава также чаще фиксировали у пациентов, лечение которых осуществляли с применением стандартных диагностических и хирургических подходов ( $p = 0,03$ ). Жалобы на отек мягких тканей и деформацию в области голеностопного сустава при контрольном обследовании чаще предъявляли пострадавшие второй группы ( $p = 0,0001$  и  $p = 0,03$  соответственно). Аналогичную картину наблюдали при субъективных проявлениях нарушений чувствительности ( $p = 0,0001$ ). Анализ распределения пострадавших в сравниваемых выборках по выраженности контрактуры голеностопного сустава позволил выявить более частую встречаемость тугоподвижности у пациентов, при лечении которых применяли стандартную диагностическую и лечебную тактику ( $p = 0,03$ ).

Таблица 5/Table 5

**Характер жалоб, предъявляемых пациентами при контрольном обследовании**  
**Patients' complaints during control examination**

Жалобы		Основная группа ( $n = 64$ )		Контрольная группа ( $n = 62$ )		Оценка значимости различий (по критериям Фишера, Вальда – Вольфовица)
		Абс. число	%	Абс. число	%	
Боль	в покое	6	9,3	10	16,1	–
	в движении	11	17,1	23	37,1	$p = 0,01$
Тугоподвижность		24	37,5	37	59,6	$p = 0,03^*$
Отек мягких тканей		7	10,9	23	37,1	$p = 0,0001$
Деформация		11	17,1	20	32,2	$p = 0,03$
Нарушения чувствительности		5	7,8	24	38,7	$p = 0,0001$
Ограничения повседневной деятельности		23	35,9	33	53,2	$p = 0,04^*$

\* Оценка значимости различий по критерию Вальда – Вольфовица.

Результаты контрольного рентгенологического исследования сравниваемых групп пациентов представлены в таблице 6.

Сравнительный анализ представленных в таблице данных позволил выявить статистически значимое снижение количества деформаций блока таранной кости у пациентов основной группы. По нашему мнению, морфологические изменения в таранной кости следует рассматривать в качестве вторичных, а причиной их развития является нарушение анатомии суставной фасетки ДМЭБК. В связи с этим большая доля пострадавших с изменениями блока таранной кости в контрольной группе может свидетельствовать о худших результатах репозиции отломков ДМЭБК.

Результаты КТ голеностопного сустава были проанализированы во время контрольного обследования у 81 пациента: у 42 (65,6%) основной и 39 (62,9%) больных контрольной групп. Основной задачей структурной визуализации ДМЭБК и голеностопного сустава являлся поиск морфологических изменений, которые могли бы стать причиной формирования болевого синдрома, деформации и тугоподвижности, а также подтверждение наличия и характера сращения костных отломков и перестройки аутотрансплантата.

Результаты КТ-исследования пострадавших сравниваемых выборок представлены в таблице 7.

Таблица 6/Table 6

**Результаты контрольного рентгенологического исследования сравниваемых групп пациентов**  
**Results of control roentgenological examination of compared groups**

Признак	Основная группа ( <i>n</i> = 64)		Контрольная группа ( <i>n</i> = 62)		Оценка значимости различий (по критерию Фишера)
	Абс. число	%	Абс. число	%	
Расширение межберцового расстояния	17	26,5	30	48,3	–
Ограничение визуализации малоберцовой вырезки	13	20,3	32	51,6	<i>p</i> = 0,0004
Укорочение малоберцовой кости	8	12,5	20	32,2	<i>p</i> = 0,009
Расширение щели голеностопного сустава в латеральном отделе	10	15,6	24	38,7	<i>p</i> = 0,004
Расширение щели голеностопного сустава в медиальном отделе	5	7,8	7	11,2	–
Смещение блока таранной кости латерально	12	18,7	24	38,7	<i>p</i> = 0,01
Смещение блока таранной кости медиально	6	9,3	9	14,5	–
Расширение (несимметричность) пространства между латеральной лодыжкой и блоком таранной кости	11	17,1	30	48,3	<i>p</i> = 0,0003
Расширение (несимметричность) пространства между медиальной лодыжкой и блоком таранной кости	7	10,9	9	14,5	–
Несимметричность суставной щели голеностопного сустава	18	28,1	32	51,6	<i>p</i> = 0,01
Деформация суставной поверхности большеберцовой кости	16	25,0	32	51,6	<i>p</i> = 0,003
Сопутствующая деформация тела таранной кости	8	12,5	17	27,4	<i>p</i> = 0,04
Дисконгруэнтность в заднем подтаранном суставе	8	12,5	10	16,1	–
Краевые костные разрастания	4	6,2	8	12,9	–
Деформация пяточной кости	2	3,1	3	4,8	–

**Результаты контрольного КТ-исследования сравниваемых групп пациентов**  
**Control CT examination of compared groups**

Признак	Основная группа (n = 42)		Контрольная группа (n = 39)		Оценка значимости различий (по критерию Фишера)
	Абс. число	%	Абс. число	%	
Сужение суставной щели	15	35,7	18	46,1	$p = 0,01$
Субхондральный склероз	11	26,1	21	53,8	$p = 0,04$
Кистовидная перестройка	4	9,5	4	10,2	–
Нарушения конгруэнтности суставных поверхностей	16	38,1	33	84,6	$p = 0,001$
Наличие оссификатов	4	9,5	8	20,5	–

Проведенный анализ комплекса показателей, характеризующих КТ-признаки дегенеративных изменений голеностопного сустава, отчетливо свидетельствует о превалировании морфологических изменений у пациентов после применения стандартной диагностической и хирургической тактики. Это позволяет рассматривать такие факторы, как анатомичность репозиции, устранение импрессии, костную пластику, а также стабильность фиксации в сочетании с минимальной травматизацией мягких тканей в качестве основных предпосылок к положительным анатомическим результатам лечения.

Проведенный сравнительный анализ исходов лечения пациентов с переломами ДМЭБК типов В и С при помощи специализированных опросников позволил выявить лучшие результаты при использовании усовершенствованных диагностических и хирургических подходов, примененных при лечении пострадавших основной группы.

Сравнительный межгрупповой анализ данных опросника FAOS позволил выявить значимые различия по трем его разделам: симптомы ( $p = 0,001$ ), повседневная активность ( $p = 0,005$ ), а также спорт и активный отдых ( $p = 0,0005$ ).

Внутригрупповой анализ пострадавших с переломами типов В и С позволил обнаружить значимые различия в повседневной активности пациентов контрольной группы ( $p = 0,01$ ). Этот факт также подтверждает прогностическую неблагоприятность наиболее сложных и высокоэнергетических переломов типа С.

Статистически значимые межгрупповые различия данных опросника SF-36 удалось выявить по следующим разделам: физическое функционирование ( $p = 0,01$ ), ролевое функционирование ( $p < 0,001$ ), эмоциональное функционирование ( $p < 0,001$ ) и психологическое здоровье ( $p = 0,01$ ). Особый интерес, по нашему

мнению, представляли данные раздела «физическое функционирование», в наибольшей степени характеризующие достигнутые при хирургическом лечении результаты. Так, для пострадавших основной группы среднее значение по этому параметру составило  $71,2 \pm 16,2$  балла, в то время как у больных контрольной группы –  $67,9 \pm 19,4$  ( $p < 0,05$ ).

Внутригрупповой анализ не выявил значимых различий между пациентами контрольной группы с переломами различных типов. В то же время, у пострадавших с переломами типа В основной группы показатели раздела «физическое функционирование» оказались статистически значимо выше, чем у больных с последствиями переломов типа С ( $p = 0,03$ ).

Оценка корреляционных связей между изучаемыми параметрами, выполненная с целью выявления основных переменных, влияющих на анатомо-функциональный исход лечения, позволила определить основные прогностически значимые факторы. Анатомические и функциональные исходы лечения пациентов с рассматриваемыми переломами статистически значимо зависят ( $p < 0,05$ ) от типа перелома ДМЭБК по классификации АО, а также от наличия импрессии дистальной суставной фасетки большеберцовой кости.

Особенностями тактики хирургического лечения, значимо ( $p < 0,05$ ) влияющими на анатомо-функциональный исход, являются выбор рационального хирургического доступа и выполнение костной аутопластики ДМЭБК. Выбор операционного разреза предопределяет сохранение источников кровоснабжения костных отломков, а также возможности анатомичной репозиции и выполнения стабильно-функционального остеосинтеза. Таким образом, комплексный анализ клинических, рентгенологических и КТ-данных, характеризующих

результаты хирургического лечения пострадавших с тяжелыми внутрисуставными переломами ДМЭБК, а также анализ применения специализированных опросников свидетельствует о преобладании лучших отдаленных анатомо-функциональных исходов среди пациентов основной группы.

Вместе с тем, как в первой, так и во второй сравниваемых группах наихудшие функциональные результаты хирургического лечения имели место у пострадавших, получивших прогностически неблагоприятные полные внутрисуставные импрессионно-оскольчатые переломы ДМЭБК (тип С по классификации АО). Вне зависимости от использованных подходов к хирургическому лечению таких пациентов отдаленные исходы оказались хуже, чем у пострадавших с неполными внутрисуставными переломами ДМЭБК (тип В по классификации АО).

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Сластин В.В., Клюквин И.Ю., Филиппов О.П., Боголюбовский Ю.А. Внутрисуставные переломы дистального отдела большеберцовой кости: эволюция взглядов на хирургическое лечение (обзор литературы). *Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь*. 2015;(3):23-29.  
Slastin V.V., Klyukvin I.Yu., Filippov O.P., Bogolyubsky Yu.A. [Intra-articular fractures of the distal tibia: evolving of views on surgical treatment]. *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'* [Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"]. 2015;(3):23-29. (in Russian).
2. Krettek C., Bachmann S. Pilon fractures. Part 1: Diagnostics, treatment strategies and approaches. *Chirurg*. 2015;86(1):87-101. DOI: 10.1007/s00104-014-2895-7.
3. Gaulke R., Mittlmeier T. Pilon fracture. *Unfallchirurg*. 2017;120(8):630-631. DOI: 10.1007/s00113-017-0391-5.
4. Dujardin F., Abdulmutalib H., Tobenas A.C. Total fractures of the tibial pilon. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014;100 (1 Suppl):S65-74. DOI: 10.1016/j.otsr.2013.06.016.
5. Tomás-Hernández J. High-energy pilon fractures management: State of the art. *EFORT Open Rev*. 2016;1(10):354-361. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000016.
6. Barei D., Gardner M., Nork S., Benirschke S. Revision of provisional stabilization in pilon fractures referred from outside institutions. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93(3):264-265.
7. Шаповалов В.М., Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакун Д.А., Фоос И.В. Ошибки и осложнения при выполнении внутреннего остеосинтеза у больных с переломами длинных костей конечностей. *Военно-медицинский журнал*. 2014;335(1):25-30.  
Shapovalov V.M., Khomeinets V.V., Mikhaylov S.V., Shakun D.A., Foos I.V. [Mistakes and complications in internal osteosynthesis in patients with fractures of long bones]. *Voenno-meditsinskiy zhurnal* [Military Medical Journal]. 2014;335(1):25-30. (in Russian).
8. Кутепов С.М., Волокитина Е.А., Помогаева Е.В., Антониади Ю.В., Гилев М.В. Двухэтапный метод лечения внутрисуставных переломов дистального отдела костей голени. *Гений ортопедии*. 2016;(3):21-26.  
DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-21-26.  
Kutepov S.M., Volokitina E.A., Pomogaeva E.V., Antoniadi Yu.V., Gilev M.V. [Two-stage method of treating-articular fractures of the distal tibia bones]. *Genij Ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2016;(3):21-26. (in Russian).  
DOI: 10.18019/1028-4427-2016-3-21-26.
9. Львов С.Е., Али Д., Артемьев А.А., Писарев В.В., Васин И.В. Алгоритм остеосинтеза оскольчатых переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости. *Гений ортопедии*. 2011;(3):12-16.  
Lvov S.E., Ali D., Artemiyev A.A., Pisarev V.V., Vasin I.V. Algorithm of osteosynthesis of intraarticular comminuted fractures of distal tibial metaepiphysis. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2011;(3):21-26. (in Russian).
10. El-Mowafi H., El-Hawary A., Kandil Y. The management of tibial pilon fractures with the Ilizarov fixator: The role of ankle arthroscopy. *Foot (Edinb)*. 2015;25(4):238-243.  
DOI: 10.1016/j.foot.2015.08.004.
11. Tang X., Tang P.F., Wang M.Y. Pilon fractures: a new classification and therapeutic strategies. *Chin Med J (Engl)*. 2012;125(14):2487-2492.
12. John M., Whatley M.D., James A., Lalonde M.D., Craig C., Greene M.D., Kevin B., Riche M.D., Danielle M., Tatum Ph.D. Effect of lymphedema treatment for management of acute pilon fractures. *Orthopedics*. 2017;40(4):2487-2492.  
DOI: 10.3928/01477447-20170509-02.
13. Zhang S.B., Zhang Y.B., Wang S.H., Zhang H., Liu P., Zhang W., Ma J.L., Wang J. Clinical efficacy and safety of limited internal fixation combined with external fixation for Pilon fracture: A systematic review and meta-analysis. *Chin J Traumatol*. 2017;20(2):94-98.  
DOI: 10.1016/j.cjtee.2016.06.012.
14. Сытин Л.В., Цыганов А.А., Агафонов Н.Е., Петряков М.Н., Портяной И.А. Сравнительный анализ хирургических методов лечения пронационных и супинационных переломов дистального сегмента костей голени. *Сибирский медицинский журнал*. 2011;(2):49-54.  
Sytin L.V., Tsyganov A.A., Agafonov N.E., Petryakov M.N., Portyanoy I.A. Comparative analysis of the surgical methods of treating the pronation and supination breaks of the distal segment of kostya the shins. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal* [Siberian Medical Journal]. 2011;(2):49-54. (in Russian).
15. Krettek C., Bachmann S. Pilon fractures. Part 2: Repositioning and stabilization technique and complication management. *Chirurg*. 2015;86(2):187-201.  
DOI: 10.1007/s00104-014-2917-5.
16. Витько Н.К., Зубанов А.Г. Лучевая диагностика повреждений голеностопного сустава и стопы. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2011;(1):24-33.  
Vitko N.K., Zubanov A.G. Imaging of injuries of the ankle and foot. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskiy vestnik* [Kremlin Medicine. Clinical Herald]. 2011;(1):24-33. (in Russian).
17. Ким Л.И., Дьячкова Г.В. Комплексная диагностика овреждений голеностопного сустава. *Гений ортопедии*. 2013;(4):20-24.  
Kim L.I., D'yachkova G.V. Complex diagnostics of the ankle injury. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2013;(4):20-24. (in Russian).
18. Luo H., Chen L., Liu K., Peng S., Zhang J., Yi Y. Minimally invasive treatment of tibial pilon fractures through

- arthroscopy and external fixator-assisted reduction. *Springerplus*. 2016;5(1):1923. DOI: 10.1186/s40064-016-3601-7.
19. He G.C., Wang H.S., Wang Q.F., Chen Z.H., Cai X.H. Effect of minimally invasive percutaneous plates versus interlocking intramedullary nailing in tibial shaft treatment for fractures in adults: a meta-analysis. *Clinics (Sao Paulo)*. 2014;69(4):234-240.
  20. Mehta S., Gardner M.J., Barei D.P. Reduction strategies through the anterolateral exposure for fixation of type B and C pilon fractures. *J Orthop Trauma*. 2011;25:116-122.
  21. Milenković S., Mitković M., Micić I., Mladenović D., Najman S., Trajanović M., Manić M., Mitković M. Distal tibial pilon fractures (AO/OTA type B, and C) treated with the external skeletal and minimal internal fixation method. *Vojnosanit Pregl*. 2013;70(9):836-841.
  22. Galante V.N., Vicenti G., Corina G., Mori C., Abate A., Picca G., Conserva V., Speciale D., Scialpi L., Tartaglia N., Caiaffa V., Moretti B. Hybrid external fixation in the treatment of tibial pilon fractures: A retrospective analysis of 162 fractures. *Injury*. 2016;47(4):131-137. DOI: 10.1016/j.injury.2016.07.045.
  23. Vidović D., Matejčić A., Ivica M., Jurišić D., Elabjer E., Bakota B. Minimally-invasive plate osteosynthesis in distal tibial fractures: Results and complications. *Injury*. 2015;46(6):96-99. DOI:10.1016/j.injury.2015.10.067.
  24. Rotter R., Gierer P. Operative techniques and results of tibial pilon fractures. *Unfallchirurg*. 2017;120(8):652-657. DOI: 10.1007/s00113-017-0371-9.
  25. Ketz J., Sanders R. Staged posterior tibial plating for the treatment of Orthopaedic Trauma Association 43C2 and 43C3 tibial pilon fractures. *J Orthop Trauma*. 2012;26(6):341-347. DOI: 10.1097/BOT.0b013e318225881a.
  26. Klaue K. Operative access for treatment of pilon fractures. *Unfallchirurg*. 2017;120(8):648-651. DOI: 10.1007/s00113-017-0377-3.
  27. Beytemür O., Barış A., Albay C., Yüksel S., Çağlar S., Alagöz E. Comparison of intramedullary nailing and minimal invasive plate osteosynthesis in the treatment of simple intra-articular fractures of the distal tibia (AO-OTA type 43 C1-C2). *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2017;51(1):12-16. DOI: 10.1016/j.aott.2016.07.010.
  28. Polat A., Kose O., Canbora K., Yanik S., Guler F. Intramedullary nailing versus minimally invasive plate osteosynthesis for distal extra-articular tibial fractures: a prospective randomized clinical trial. *J Orthop Sci*. 2015;20(4):695-701. DOI: 10.1007/s00776-015-0713-9.
  29. Xue X.H., Yan S.G., Cai X.Z., Shi M.M., Lin T. Intramedullary nailing versus plating for extra-articular distal tibial metaphyseal fracture: a systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2014;45(4):667-676. DOI: 10.1016/j.injury.2013.10.024.
  30. Yao Q., Ni J., Peng L.B., Yu D.X., Yuan X.M. Locked plating with minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis versus intramedullary nailing of distal extra-articular tibial fracture: a retrospective study. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2013;93(47):3748-3751.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Хоминец Владимир Васильевич* — д-р мед. наук, начальник кафедры (начальник клиники) военной травматологии и ортопедии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Кудяшев Алексей Леонидович* — канд. мед. наук, заместитель начальника кафедры военной травматологии и ортопедии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Печуров Александр Леонидович* — заведующий отделением травматологии и эндопротезирования ФГБУ «Санкт-Петербургский многопрофильный центр» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Федотов Алексей Олегович* — адъюнкт при кафедре военной травматологии и ортопедии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, Санкт-Петербург

*Наниев Сослан Отарович* — старший ординатор травматологического отделения ФГУ «1472 Военно-морской клинический госпиталь» МО РФ, г. Севастополь

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Vladimir V. Khominets* — Cand. Sci. (Med.), Head of the Department and Clinic of Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexey L. Kudyashev* — Cand. Sci. (Med.), Deputy Head of the Department and Clinic of Military Traumatology and Orthopaedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexander L. Pechkurov* — Head of the Department of Traumatology and Joints Replacement, St. Petersburg Multiprofile Center, St. Petersburg, Russian Federation

*Alexey O. Fedotov* — Adjunct, Department and Clinic of Military Traumatology and Orthopedics, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

*Soslan O. Naniev* — Orthopedic Surgeon, Traumatology Department, 1472 Naval Clinical Hospital, Sevastopol, Russian Federation

# Анализ причин неоптимального консервативного лечения врожденной косолапости у детей

В.М. Кенис, Ю.А. Степанова

ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России  
Парковая ул., д. 64-68, Пушкин, Санкт-Петербург, 196603, Россия

## Резюме

**Введение.** На сегодняшний день метод Понсети является оптимальным методом лечения врожденной косолапости у детей. Продолжение использования неоптимальных методов является негативной практикой.

**Цель исследования** — проанализировать основные причины неоптимального лечения врожденной косолапости у детей младшего возраста.

**Материал и методы.** В основную группу вошли 60 пациентов, обратившихся с неоптимальными результатами лечения идиопатической врожденной косолапости. Контрольную группу составили 60 пациентов с идиопатической врожденной косолапостью, которым проводилось лечение по методике Понсети. Основным методом исследования являлся анамнестический.

**Результаты.** Наличие косолапости у родственников и диагноз, установленный при ультразвуковом исследовании плода, являлись положительными факторами выбора метода Понсети. Метод Понсети в качестве первичного консервативного лечения выбирали, главным образом, по рекомендациям ортопеда поликлиники и по результатам поиска в Интернете. Напротив, методики, приведшие к неоптимальному первичному консервативному лечению, выбирались, как правило, по рекомендациям врачей роддома и педиатров.

**Заключение.** Основная причина неоптимального лечения врожденной косолапости у детей младшего возраста — низкая информированность как врачей, так и родителей пациентов о существующих возможностях современного лечения, что подчеркивает необходимость адекватного информационного сопровождения для оптимизации системы лечения.

**Ключевые слова:** врожденная косолапость, консервативное лечение, метод Понсети.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-80-85.

## Causes of Non-Optimal Conservative Treatment of Congenital Clubfoot in Children

V.M. Kenis, Yu.A. Stepanova

Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics  
64-68, Parkovaya ul., Pushkin, St. Petersburg, 196603, Russian Federation

## Abstract

**Introduction.** Ponseti method commonly accepted as the optimal approach to management of congenital clubfoot. Continuing with alternative methods should be considered as malpractice.

**Aim:** to assess causes of non-optimal treatment of congenital clubfoot in children.

**Materials and methods:** Assessment group included 60 patients treated earlier in other clinics with non-optimal results. Control group included 60 patients treated in our clinic by Ponseti method. We used case history analysis and parents' interviewing.

**Results.** Family history of clubfoot and prenatal diagnosis positively influenced on the choice of Ponseti method. Primary consultancy of orthopedist and Internet search were main factors for choosing Ponseti method after birth. In contrast, the methods lead to non-optimal results chosen after maternity home and pediatricians.

**Conclusion.** Main cause of non-optimal results of congenital clubfoot treatment is the lack of information regarding current approaches among non-orthopedic physicians, which emphasizes necessity of adequate informational support.

**Keywords:** congenital clubfoot, conservative management, Ponseti method.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-80-85.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

Кенис В.М., Степанова Ю.А. Анализ причин неоптимального консервативного лечения врожденной косолапости у детей. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):80-85. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-80-85.

**Cite as:** Kenis V.M., Stepanova Yu.A. [Causes of Non-Optimal Conservative Treatment of Congenital Clubfoot in Children]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):80-85. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-80-85.

Кенис Владимир Маркович. Парковая ул., д. 64-68, Пушкин, Санкт-Петербург, 196603, Россия / Vladimir M. Kenis. 64-68, Parkovaya ul., Pushkin, St. Petersburg, 196603, Russian Federation; e-mail: kenis@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 07.07.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 30.08.2017.

## Введение

На сегодняшний день метод Понсети является наиболее эффективным вариантом консервативного лечения врожденной косолапости у детей. Многочисленные публикации, свидетельствующие об этом, а также суммирующие их два независимых метаанализа, включая Кохрейновский обзор [1, 2], являются убедительным доказательством этого факта. Метод Понсети рекомендуется как международными [3], так и национальными сообществами детских ортопедов [4, 5] в качестве оптимального метода лечения врожденной косолапости у детей. В этой связи, учитывая рекомендации исследований столь высокого уровня доказательности (довольно редкого в детской ортопедии), применение других методов лечения врожденной косолапости вместо метода Понсети имеет ряд существенных недостатков. К ним относятся увеличение сроков лечения, более высокая частота рецидивов, большая травматичность, менее прогнозируемый результат первичной коррекции, негативное влияние на состояние нервно-мышечного аппарата даже в том случае, если в результате достигается стойкая коррекция деформации [2].

В практической деятельности, несмотря на распространение метода Понсети и информации о нем, приходится сталкиваться с результатами неоптимального лечения детей с врожденной косолапостью. В подобных ситуациях у врачей возникают обоснованные сомнения в целесообразности продолжения консервативного лечения, в частности — в применении метода Понсети, который был разработан, главным образом, для лечения первичных случаев, не осложненных неудачными попытками предшествовавшего лечения [6]. В литературе имеются единичные публикации, анализирующие не только медицинские, но и социальные причины неудовлетворительных результатов консервативного лечения врожденной косолапости, в том числе и методом Понсети [7, 8]. Однако эти факторы в значительной степени зависят от этнокультурных особенностей и традиций системы здравоохранения и не могут быть механически интерполированы на глобальном уровне. Мы предположили, что у пациентов, изначально лечившихся методом Понсети, и пациентов, получавших неоптимальное лечение, имели место различные причины, приведшие к выбору метода лечения. Анализ факторов, которые явились поводом для этого выбора, может способствовать пониманию причин, приводящих к неоптимальному лечению для нивелирования неблагоприятных результатов лечения врожденной косолапости у детей.

**Цель исследования** — проанализировать основные причины неоптимального лечения врожденной косолапости у детей младшего возраста.

## Материал и методы

Под неоптимальными результатами в рамках настоящего исследования мы понимали сохранение на момент обращения пациента одного или нескольких компонентов деформации (общая выраженность деформации 1 балл и более по шкале Пирани), что и являлось основным критерием включения в основную группу. В основную группу вошли 60 пациентов в возрасте от 3 до 24 мес. с неоптимальными результатами лечения идиопатической врожденной косолапости, которым после обращения в нашу клинику за период с января 2014 по август 2016 г. было рекомендовано повторное лечение по методике Понсети.

Контрольную группу составили 60 пациентов с идиопатической врожденной косолапостью, которым в 2014 г. в нашей клинике проводилось лечение по методике Понсети, начатое в первые 3 мес. жизни, при этом ему не предшествовало иное консервативное лечение длительностью 3 нед. и более. У всех пациентов была достигнута коррекция деформации (общая выраженность деформации — не более 0,5 балла по шкале Пирани).

Основным методом исследования являлся анамнестический: путем опроса родителей или опекунов и анализа имевшейся медицинской документации (выписки из роддома, амбулаторной карты) уточнялся анамнез жизни и анамнез болезни. Также проводилось прямое анкетирование родителей в соответствии с предварительно разработанным опросником, уточняющим семейный и социальный анамнез.

Статистический анализ проводился в программе STATISTICA 12.6. Поскольку распределение признаков не соответствовало нормальному, а количество наблюдений было невелико, для оценки уровня значимости различий применяли критерий Фишера (результат считали достоверным при  $p < 0,05$ ).

## Результаты

Исследование состояло из двух частей: первая часть включала анализ в основной группе методов лечения, предшествовавшего обращению в нашу клинику, вторая — сравнение причин выбора метода лечения и анамнестических факторов в основной и контрольной группе.

В основной группе нами были выделены 3 принципиальных варианта предшествовавшего лечения:

1. Функциональное консервативное лечение — 19 пациентов (съемные гипсовые лонгеты — 4 пациента, массаж — 6 пациентов, остеопатическое лечение — 4 пациента, эластическое бинтование и тейпирование — 3 пациента, другие виды функционального лечения — 2 пациента).

2. Консервативное лечение с гипсованием по методикам, отличным от метода Понсети — 25 пациентов (коррекция гипсовыми повязками до коленного сустава — 7 пациентов, коррекция высокими этапными гипсовыми повязками без соблюдения биомеханических принципов — 8 пациентов, коррекция высокими гипсовыми повязками в начале лечения и короткими повязками по мере его завершения — 3 пациента, коррекция этапными гипсовыми повязками со свободным пространством — 6 пациентов, другие виды лечения — 1 пациент).

3. Предшествовавшее неэффективное лечение по методике Понсети, проводившееся в других клиниках (16 пациентов).

Как показывают приведенные данные, наиболее часто среди методик гипсования, отличных от метода Понсети, к необходимости повторного обращения приводило применение коротких гипсовых повязок и высоких гипсовых повязок без соблюдения биомеханических принципов. Кроме того, среди частых причин неоптимального лечения встречались гипсовые повязки со свободным пространством.

При третьем варианте предшествовавшего лечения мы уточняли ретроспективно соответствие лечения ребенка базовым принципам метода Понсети. В большинстве случаев не представлялось возможным оценить качество наложения гипсовых повязок, хотя в нескольких случаях родители сохраняли фотографии повязок, которые не соответствовали по положению конечности или тщательности модели-

рования таковым, требуемым стандартами метода Понсети. В результате мы анализировали наиболее существенные положения методики. Было выявлено, что с точки зрения соблюдения формальных критериев, в большинстве случаев проведенное лечение не соответствовало общепринятому протоколу, а именно:

- ахиллотомия не выполнялась у 10 пациентов (14 стоп);

- у 8 пациентов было выполнено более 7 этапных гипсовых повязок;

- гипсование под наркозом — 3 пациента;

- перерывы между этапами с оставлением конечности без фиксации имели место у 6 пациентов;

- брейсы после окончания коррекции не применялись или применялись со значительным нарушением рекомендованного стандартного протокола — у 8 пациентов.

С целью выявления причин выбора неоптимального консервативного лечения детей с идиопатической врожденной косолапостью нами был проведен сравнительный анализ анамнестических данных пациентов основной и контрольной групп. Данные анамнеза жизни пациентов в сравнительном аспекте представлены в таблице 1.

Как видно из представленных данных, среди пациентов, изначально лечившихся по Понсети, достоверно чаще имел местоотягощенный семейный анамнез и положительный пренатальный диагноз.

Нами также был проведен сравнительный анализ данных социального анамнеза пациентов основной и контрольной групп для выявления социальных (контролируемых) причин неоптимального консервативного лечения детей с идиопатической врожденной косолапостью (табл. 2).

Таблица 1/ Table 1

**Данные анамнеза жизни пациентов с идиопатической врожденной косолапостью**  
**Family and pregnancy history of children with idiopathic clubfoot**

Фактор анамнеза	Основная группа	Контрольная группа
Порядковый номер беременности	1,78	1,81
Порядковый номер родов	1,19	1,22
Многоплодная беременность	3 (5%)	2 (3,3%)
Косолапость у родственников	3 (5%)*	7 (11,6%)
Пренатальный диагноз косолапости	4 (6,6%)*	(23%)

\*  $p < 0,05$ .

Таблица 2/Table 2

**Данные социального анамнеза пациентов с врожденной косолапостью**  
**Social conditions of children with idiopathic clubfoot**

Фактор анамнеза	Основная группа	Контрольная группа
Полная семья	51 (85%)	57 (95%)
Высшее образование (один или оба родителя)	33 (55%)	42 (70%)
Жители Санкт-Петербурга	33 (55%)	41 (68%)
Жители городов-центров субъектов РФ	14 (23%)	9 (15%)
Жители малых городов и сельских поселений	13 (22%)	10 (17%)

Как показывают данные таблицы, факторы социального анамнеза не имели статистических различий в основной и контрольных группах. Тем не менее, прослеживалась определенная тенденция преобладания пациентов с меньшим уровнем социальной защищенности в контрольной группе.

С целью выявления организационных причин неоптимального консервативного лечения детей с идиопатической врожденной косолапостью мы опрашивали родителей пациентов основной и контрольной групп по поводу информированности в отношении консервативного лечения. Данные опроса представлены в таблице 3.

Таблица 3/Table 3

**Данные опроса родителей пациентов с идиопатической врожденной косолапостью**  
**о причине выбора места первичного консервативного лечения**  
**Parents' survey for reasons of choosing the primary treatment**

Причина выбора места первичного лечения	Основная группа	Контрольная группа
Рекомендация врача роддома	16*	7
Рекомендация участкового педиатра	19*	4
Рекомендация ортопеда поликлиники	7*	14
Рекомендация знакомых	6	5
Интернет	9*	25
Другие причины	3	5

\*  $p < 0,05$ .

### Обсуждение

За столетие развития современной детской ортопедии методы лечения врожденной косолапости претерпели существенную эволюцию. Разнообразие методик и подходов в настоящее время в значительной степени имеет историческое значение благодаря внедрению метода Понсети: большинство ортопедов мира признают его «золотым стандартом» лечения врожденной косолапости у детей [1]. Не подвергая принципиальному сомнению возможности других методик, сравнительный анализ эффективности метода Понсети по отношению как к иным методам консервативного лечения [9, 10], так и к хирургическому лечению [11, 12] позволяют считать его оптимальным, а остальные методики, даже учитывая их относительную эффективность, на сегодняшний день относить к неоптимальным. Существенную роль метод

Понсети играет в лечении пациентов с рецидивами деформаций, а также неэффективным предшествовавшим лечением [13–15].

Варианты лечения, которые имели место в исследованной группе до обращения в нашу клинику (функциональное консервативное лечение, консервативное лечение с гипсованием по методикам, отличным от метода Понсети) в настоящее время не рассматриваются ортопедами во всем мире как актуальный способ коррекции деформации при врожденной косолапости. Об этом свидетельствуют проведенные исследования с высоким уровнем доказательности [2]. Продолжение использования неоптимальных методов является негативной практикой. Не отрицая возможности появления более совершенных методов лечения, мы считаем необходимым повсеместное внедрение методов Понсети на данном этапе. Порочная же

практика декларативного применения метода Понсети без соблюдения всех нюансов его протокола не только способствует появлению подобных неблагоприятных результатов [8], но и дискредитирует саму методику в глазах врачей и пациентов. Негативный опыт родителей также имеет большое значение, поскольку время, потерянное на неоптимальное лечение, заставляет их сомневаться в эффективности продолжения консервативного лечения. Как показывают наши данные, в большинстве случаев пациенты, обратившиеся в нашу клинику с неудовлетворительными результатами предшествовавшего лечения по методике Понсети, в действительности не получили полноценного лечения.

Исследования, проводившиеся ранее и представленные в литературе, показали, что в большинстве случаев косолапостью страдают дети от первых родов [3]. В нашем исследовании большинство детей также были от первых родов (в основной и контрольной группах статистически значимых различий не было). Средний порядковый номер беременности также был сопоставим в обеих группах. Несколько иная картина имела место в отношении наследственного анамнеза (наличия косолапости у родственников). Вероятно, опыт традиционного лечения косолапости у членов семьи ребенка закономерно приводил родителей к поиску более щадящих методик. При этом метод Понсети воспринимался как положительная альтернатива тем методам, которыми лечились другие родственники. Этим мы объясняли значимо больший процент пациентов, имеющих наследственный анамнез (наличие косолапости у родственников) в контрольной группе по сравнению с основной.

По нашим данным, наиболее существенное влияние из факторов анамнеза на выбор первичного лечения оказал пренатальный диагноз косолапости (диагноз, установленный при ультразвуковом исследовании плода). Ранняя диагностика дает родителям возможность принять состояние ребенка как психологически, так и с точки зрения организации последующего лечения. У семьи появляется возможность плановой консультации специалиста (ортопеда), изучения соответствующих информационных ресурсов и принятия взвешенного решения. Следует, впрочем, отметить, что частота пренатальной диагностики в целом в группе обследованных пациентов довольно низкая. В этой связи резонно предположить, что совершенствование пренатальной диагностики будет косвенно способствовать оптимизации последующего лечения.

Закономерно чаще в контрольной группе встречались пациенты из Санкт-Петербурга,

а в основной — из других регионов. При этом с сопоставимой частотой в основной и контрольной группах наблюдались жители городов-центров субъектов РФ и малых городов и сельских поселений. Не влиял на выбор первичного лечения и характер семьи (полная или неполная). Мы связывали это с большей информированностью медицинских работников социальных учреждений в отношении современных методов лечения, а также с более отработанной системой взаимодействия этих учреждений с ведущими клиниками.

Причина выбора места первичного лечения пациентов с идиопатической врожденной косолапостью отличалась существенно в основной и контрольной группах: метод Понсети в качестве первичного консервативного лечения (контрольная группа) выбирали главным образом по рекомендациям ортопеда поликлиники и по результатам поиска в Интернете. Напротив, методики, приведшие к неоптимальному первичному консервативному лечению, выбирались, как правило, по рекомендации врачей роддома и педиатров. Данная закономерность определяет существенные моменты последующей информационно-просветительской работы, которые уже учитываются в нашем исследовании.

Представляется целесообразным для оптимизации системы лечения детей с врожденной косолапостью проведение информационной и разъяснительной работы среди врачей родильных домов и педиатров первичного звена в отношении наиболее современного и эффективного лечения врожденной косолапости. Для реализации этой задачи наиболее значимыми мы считаем проведение семинаров с неонатологами и педиатрами, а также распространение информационных материалов ознакомительного характера для врачей и родителей в родильных домах и детских поликлиниках. Кроме того, очевидно положительное значение Интернета в отношении выбора оптимальной тактики лечения, в связи с чем представляется крайне важным поддержание информационных ресурсов, посвященных современным подходам к диагностике и лечению косолапости.

### Заключение

Таким образом, анализ причин неоптимального лечения врожденной косолапости у детей младшего возраста показал, что основные из них лежат в сфере низкой информированности как врачей, так и родителей пациентов о существующих возможностях современного лечения. Применяемые методики должны быть критически переоценены в пользу более эффективного подхода, который на сегодняшний день

реализуется в виде метода Понсети. Полученные нами данные еще раз подчеркивают необходимость адекватного информационного сопровождения при оптимизации системы лечения врожденной косолапости. Более детальный анализ последствий неэффективного и неоптимального лечения позволит усовершенствовать их протокол с целью преодоления специфических последствий в каждом конкретном случае во избежание необоснованных расширенных хирургических вмешательств даже в наиболее сложных случаях.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

- Gray K., Pacey V., Gibbons P., Little D., Frost C., Burns J. Interventions for congenital talipes equinovarus (clubfoot). *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;(4):CD008602. DOI: 10.1002/14651858.CD008602.pub2.
- Ganesan B., Luximon A., Al-Jumaily A., Balasankar S.K., Naik G.R. Ponseti method in the management of clubfoot under 2 years of age: A systematic review. *PLoS One.* 2017;12(6):e0178299. DOI: 10.1371/journal.pone.0178299.
- Böhm S., Sinclair M. Report of the 1<sup>st</sup> European consensus meeting on Ponseti clubfoot treatment. *J Children's Orthop.* 2013;7(3):251-254. DOI: 10.1007/s11832-013-0497-4.
- Besselaar A.T., Sakkers R.J.B., Schuppers H.A., Witbreuk M.M.E.H., Zeegers E.V.C.M., Visser J.D., Boekestijn R.A., Margés S.D., Van der Steen M.C.M., Burger K.N.J. Guideline on the diagnosis and treatment of primary idiopathic clubfoot. *Acta Orthop.* 2017;88(3):305-309. DOI: 10.1080/17453674.2017.1294416.
- Клычкова И.Ю., Кенис В.М., Степанова Ю.А., Сапоговский А.В., Коваленко-Клычкова Н.А., Иванов С.В. Алгоритм лечения врожденной косолапости у детей младшей возрастной группы. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2013;1(1):21-25. DOI: 10.17816/PTORS1121-25. Klychkova I.J., Kenis V.M., Stepanova J.A., Sapogovskii A.V., Kovalenko-Klychkova N.A., Ivanov S.V. [Algorithm of treatment of congenital clubfoot in children of younger age group]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopedics and Reconstructive Surgery]. 2013;1(1): 21-25. (in Russian). DOI: 10.17816/PTORS1121-25.
- Hosseinzadeh P., Kiebzak G.M., Dolan L., Zions L.E., Morcuende J. Management of clubfoot relapses with the Ponseti method: Results of a survey of the POSNA members. *J Pediatr Orthop.* 2017 Feb 7. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000953.
- Dobbs M.B., Rudzki J.R., Purcell D.B., Walton T., Porter K.R., Gurnett C.A. Factors predictive of outcome after use of the Ponseti method for the treatment of idiopathic clubfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(1):22-27. DOI: 10.2106/00004623-200401000-00005.
- Azarpira M.R., Emami M.J., Vosoughi A.R., Rahbari K. Factors associated with recurrence of clubfoot treated by the Ponseti method. *World J Clin Cases.* 2016;4(10): 318-322. DOI: 10.12998/wjcc.v4.i10.318.
- Rijal R., Shrestha B. P., Singh G. K., Singh M., Nepal P., Khanal G. P., Rai P. Comparison of Ponseti and Kite's method of treatment for idiopathic clubfoot. *Indian J Orthop.* 2010;44(2):202-207. DOI: 10.4103/0019-5413.61941.
- Sanghvi A.V., Mittal V.K. Conservative management of idiopathic clubfoot: Kite versus Ponseti method. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2009;17(1):67-71. DOI: 10.1177/230949900901700115.
- Morcuende J.A., Dolan L.A., Dietz F.R., Ponseti I.V. Radical reduction in the rate of extensive corrective surgery for clubfoot using the Ponseti method. *Pediatrics.* 2004;113(2):376-380.
- Clarke N.M., Uglow M.G., Valentine K.M. Comparison of Ponseti versus surgical treatment in congenital talipes equinovarus. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50(5):529-534. DOI: 10.1053/j.jfas.2011.04.040.
- Бландинский В.Ф., Вавилов М.А., Торно Т.Э., Донской А.В. Лечение атипичной косолапости методом Понсети. *Травматология и ортопедия России.* 2010;(1):75-79. Blandinskii V.F., Vavilov M.A., Torno T.Ye., Donskoy A.V. [Treatment of atypical congenital clubfoot by Ponseti]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(1):75-79. (in Russian).
- Кенис В.М., Клычкова И.Ю., Степанова Ю.А. Метод Понсети в лечении сложных и нейрогенных форм косолапости у детей. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2011;(4):67-70. Kenis V.M., Klychkova I.Yu., Stepanova Yu.A. [Ponseti method in treatment of severe neurogenic clubfoot]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [Reporter of Traumatology and Orthopedics named Priorov]. 2011; (4):67-70. (in Russian).
- Sinha A., Mehtani A., Sud A., Vijay V., Kumar N., Prakash J. Evaluation of Ponseti method in neglected clubfoot. *Indian J Orthop.* 2016;50(5):529-535. DOI: 10.4103/0019-5413.189597.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Кенис Владимир Маркович* — д-р мед. наук, заместитель директора по развитию и внешним связям, руководитель отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Степанова Юлия Александровна* — врач-травматолог-ортопед отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

### INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Vladimir M. Kenis* — Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Development and International Communications, Head of Department of Foot and Ankle Surgery, Neuroorthopaedics and Skeletal Dysplasias, Turner Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Yulia A. Stepanova* — Orthopaedic Surgeon, Department of Foot and Ankle Surgery, Neuroorthopaedics and Skeletal Dysplasias, Turner Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

# Экспериментальное и теоретическое обоснование двухколонной теории остеосинтеза при переломах дистального отдела бедренной кости

И.Г. Беленький<sup>1</sup>, Г.Д. Сергеев<sup>1</sup>, Б.А. Майоров<sup>1</sup>, С.Г. Семенов<sup>2</sup>, А.В. Бенин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Ул. Льва Толстого, д. 6-8, Санкт-Петербург, 197022, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» Московский пр., д. 9, Санкт-Петербург, 190031, Россия

## Реферат

**Цель исследования** — сравнить в эксперименте эффективность латеральной и двусторонней (латеральной и медиальной) фиксации пластинами переломов дистального отдела бедренной кости и обосновать целесообразность использования двухколонной теории строения дистального отдела бедренной кости при остеосинтезе у пациентов с переломами указанной локализации.

**Материал и методы.** Биомеханическое исследование было проведено в двух сериях на пенополиуретановых моделях правых бедренных костей, соответствующих размерам натуральной бедренной кости. Смоделированный перелом типа 33-C2 фиксировали латеральной пластиной или двумя (латеральной и медиальной) пластинами, после чего модели были испытаны в шести нагрузочных диапазонах с максимальной нагрузкой от 20 до 120 кгс в циклирующем режиме.

**Результаты.** Получено значимое различие в абсолютных значениях амплитуды смещения отломков зависимости от метода фиксации перелома бедренной кости. В первой серии эксперимента (одна пластина по латеральной поверхности бедренной кости) при минимальной нагрузке амплитуда смещения составила 0,3 мм, а при максимальной нагрузке 1,9 мм, во второй серии экспериментов (две пластины по латеральной и медиальной сторонам бедренной кости) амплитуда смещения составила 0,35 мм и 0,95 мм соответственно.

**Выводы.** Наличие или отсутствие медиальной опоры после остеосинтеза играет важную роль для обеспечения стабильности при многооскольчатых переломах дистального отдела бедренной кости, приводящих к ее потере. В связи с этим использование двухколонной теории строения дистального отдела бедренной кости при операциях остеосинтеза может значительно улучшить результаты лечения больных с подобными травмами. После отработки методики малоинвазивного остеосинтеза на анатомическом материале теория может быть внедрена в клиническую практику.

**Ключевые слова:** перелом дистального отдела бедренной кости, малоинвазивный остеосинтез.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-86-94.

Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А., Семенов С.Г., Бенин А.В. Экспериментальное и теоретическое обоснование двухколонной теории остеосинтеза при переломах дистального отдела бедренной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):86-94. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-86-94.

**Cite as:** Belenky I.G., Sergeev G.D., Mayorov B.A., Semenov S.G., Benin A.V. [Experimental and Theoretical Validation of Double Column Internal Fixation Theory for Distal Femoral Fractures]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):86-94. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-86-94.

✉ Игорь Григорьевич Беленький. Ул. Льва Толстого, д. 6-8, Санкт-Петербург, 197022, Россия / Igor G. Belenky. 6-8, ul. L'va Tolstogo, St. Petersburg, 197022, Russian Federation; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 28.04.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 30.06.2017.

## Experimental and Theoretical Validation of Double Column Internal Fixation Theory for Distal Femoral Fractures

I.G. Belenky<sup>1</sup>, G.D. Sergeev<sup>1</sup>, B.A. Mayorov<sup>1</sup>, S.G. Semenov<sup>2</sup>, A.V. Benin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University  
6-8, ul. Lva Tolstogo, St. Petersburg, 197022, Russian Federation

<sup>2</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University  
9, Moskovskii pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation

### Abstract

*Purpose of the study* – to experimentally compare efficiency of lateral and bilateral (lateral and medial) plate fixation of distal femoral fractures and to validate the appropriateness of double column theory of distal femur anatomy for internal fixation for these fractures.

*Material and Methods.* The authors performed a biomechanical study in two series on polyurethane models of right femur corresponding in dimensions to natural femur. After simulating a 33 C2 fracture type it was fixed by one lateral plate or two (lateral and medial) plates. After fixation the models were tested in six load ranges with maximal load from 20 to 120 kgf in cyclic mode.

*Results.* The authors obtained a significant difference in absolute values of fragments displacement amplitude depending on fixation method. In the first series of the experiment – one plate fixed on the lateral surface of the femur – under minimal load the displacement value was reported as 0.3 mm and under maximal load – 1.9 mm; in the second series of experiment – two plates fixed on the lateral and medial surfaces of the femur – displacement values were reported as 0.35 mm and 0.95 mm respectively.

*Conclusion.* The presence or absence of medial support after internal fixation has a profound impact on ensuring stability in cases of comminuted fractures of distal femoral fractures. In this context the use of double column theory of distal femur anatomy for internal fixation can significantly improve the treatment outcomes for such patients. After trials of minimally invasive fixation method on anatomical specimen the described theory can be implemented into the clinical practice.

**Keywords:** distal femoral fracture, minimally invasive internal fixation.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-86-94.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

### Введение

Повреждения бедренной кости составляют 15–45% в общей структуре переломов [1]. Однако переломы дистального отдела бедренной кости встречаются относительно редко — их частота варьирует от 0,4 до 7% от всех переломов бедренной кости [2–6]. По данным В.Д. Crist с соавторами, у европейцев переломы этой локализации встречаются в 10 раз реже, чем переломы проксимального отдела бедренной кости [7]. При этом в 84% случаев возраст больных с переломами дистального отдела бедренной кости превышает 50 лет [2]. Причинами такой травмы у людей молодого и среднего возраста чаще всего являются дорожно-транспортные происшествия, в то время как у людей пожилого возраста (преимущественно женщин) данные переломы происходят и при низкоэнергетической травме, например, при падении с высоты собственного роста [8, 9]. Однако у пострадавших с множественными и сочетанными повреждениями частота переломов дистального отдела бедренной кости намного выше — от 13 до 17% от общего числа переломов бедренной кости [10].

Актуальность темы исследования обусловлена большим количеством неудовлетворительных результатов лечения таких переломов. Так, независимо от метода лечения переломов дистального отдела бедра, частота несращений составляет 6%, несостоятельности фиксации — 3,3%, инфекционных осложнений — 2,7%. При этом в 16,8% случаев требуется выполнение повторных хирургических вмешательств [11, 12], а в ряде наблюдений сохраняются стойкие функциональные ограничения [13]. Даже при использовании современных фиксаторов с угловой стабильностью неудовлетворительные результаты составляют 8,6% [14], а при множественных и сочетанных травмах почти в половине случаев отдаленные результаты лечения расцениваются как неудовлетворительные [10].

Большое количество осложнений у пострадавших с этой травмой обусловлено тем, что при сложных многооскольчатых переломах дистального отдела бедренной кости (типы 33-A3, 33-C1, 33-C2, 33-C3 по классификации Ассоциации остеосинтеза — АО) традиционная операция остеосинтеза одной пластиной, расположенной по латеральной стороне бедренной

кости, не обеспечивает необходимых условий для сращения перелома из-за утраты медиальной стабильности [15]. Это особенно важно потому, что из-за несовпадения анатомической и механической осей бедренной кости большая часть осевой нагрузки приходится на ее медиальный мышцелок. Поэтому при многооскольчатых переломах дистальных отделов бедренной кости перспективным способом лечения мы считаем двустороннюю фиксацию, которая осуществляется двумя пластинами, установленными по ее латеральной и медиальной сторонам.

Следует отметить, что в современной научной литературе имеются лишь единичные публикации, посвященные разработке методик остеосинтеза, способных обеспечить медиальную стабильность при переломах дистального отдела бедренной кости [16–18]. Недостаток сведений о сравнительной эффективности фиксации многооскольчатых переломов только латеральной или двумя пластинами послужил основанием для проведения собственного экспериментального исследования.

**Цель исследования** — сравнить в эксперименте эффективность латеральной и двусторонней (латеральной и медиальной) фиксации пластинами переломов дистального отдела бедренной кости и обосновать целесообразность использования двухколонной теории строения дистального отдела бедренной кости при остеосинтезе у пациентов с переломами указанной локализации.

### Материал и методы

Биомеханическое исследование было проведено в двух сериях на пенополиуретановых моделях правых бедренных костей человека, соответствующих по размерам натуральной бедренной кости. Длина моделей от межмышцелковой вырезки до верхушки большого вертела составляла 430 мм, а от межмышцелковой вырезки до наиболее отдаленной точки головки бедренной кости — 445 мм. Расстояние от верхушки большого вертела до центра вращения головки бедренной кости составило 53 мм. Наибольший поперечник в области мышцелков бедренной кости был равен 81 мм, а наименьший диаметр в средней трети диафиза бедренной кости — 32 мм. Для достижения механических характеристик моделей бедренной кости, сходных с натуральной костью, их послойно обклеивали стеклотканью до достижения сопоставимых параметров жесткости при четырехточечном изгибе [19]. После этого наименьший диаметр модели бедренной кости в средней трети ее диафиза составил 43 мм.

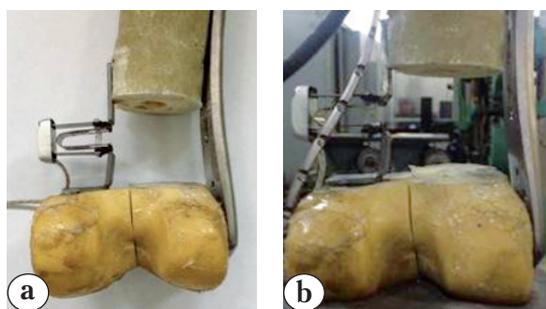
Биомеханические эксперименты на моделях бедренных костей проводили следующим образом. Вначале от межмышцелковой вырезки вверх по передней поверхности модели бедренной кости отмеряли 50 мм. На этом уровне параллельно плоскости предполагаемой суставной щели коленного сустава производили поперечный распил диафиза бедренной кости. Далее образовавшийся дистальный фрагмент кости распиливали в сагитальной плоскости по линии, перпендикулярной линии горизонтального распила и проходящей через центр межмышцелковой вырезки, имитируя таким образом чрезнадмышцелковый перелом дистального отдела бедренной кости. После этого мышцелки бедренной кости фиксировали двумя винтами для губчатой кости диаметром 6,5 мм, длиной 70 и 75 мм соответственно с резьбовой частью длиной 32 мм, которые вводили параллельно друг другу во фронтальной плоскости.

На следующем этапе на латеральную сторону модели бедренной кости укладывали пластину для фиксации переломов длиной 260 мм и фиксировали ее в дистальной части пятью винтами с угловой стабильностью диаметром 5 мм и длиной 70 мм, а в проксимальной части — тремя винтами с угловой стабильностью диаметром 5 мм и длиной 50 мм. После этого на расстоянии 50 мм сверху от горизонтального распила и параллельно ему производили второй горизонтальный распил модели бедренной кости, удаляя при этом участок нижней трети ее диафиза цилиндрической формы длиной 50 мм. В результате получали модель внутрисуставного перелома дистального отдела бедренной кости типа 33-C2 по классификации АО с дефектом в нижней трети диафиза, фиксированного пластиной с угловой стабильностью винтов, расположенной по латеральной стороне бедренной кости. На этой модели проводили первую серию биомеханических экспериментов (рис. 1 а).

При выполнении второй серии экспериментов действовали аналогично, но после формирования циркулярного дефекта модели бедренной кости дополнительно осуществляли фиксацию предварительно смоделированной реконструктивной пластиной длиной 197 мм, которую устанавливали по медиальной стороне модели с перекрытием зоны ее циркулярного дефекта. При этом пластину фиксировали дистально двумя винтами с угловой стабильностью диаметром 3,5 мм и длиной 50 мм, а проксимально — двумя винтами с угловой стабильностью диаметром 3,5 мм и длиной 32 мм. В результате получали вторую модель чрезнадмышцелкового перелома бедренной кости (тип 33-C2 по классификации АО) с дефектом

нижней трети ее диафиза, фиксированного двумя пластинами с угловой стабильностью винтов, расположенными по латеральной и по медиальной сторонам кости (рис. 1 б).

Далее эксперименты проводили следующим образом. На медиальную сторону обеих моделей бедренной кости в месте отсутствующего участка в нижней трети устанавливали датчик перемещений, позволяющий регистрировать взаимные смещения основных фрагментов бедренной кости. Затем обе модели последовательно устанавливали в сервогидравлическую испытательную машину Amsler HB 250 фирмы Zwick в захваты из жесткого пластика, моделирующие суставы (рис. 2).



**Рис. 1.** Модели переломов бедренной кости с установленными датчиками перемещений: а – первая серия с латеральной фиксацией; б – вторая серия с двусторонней (латеральной и медиальной) фиксацией

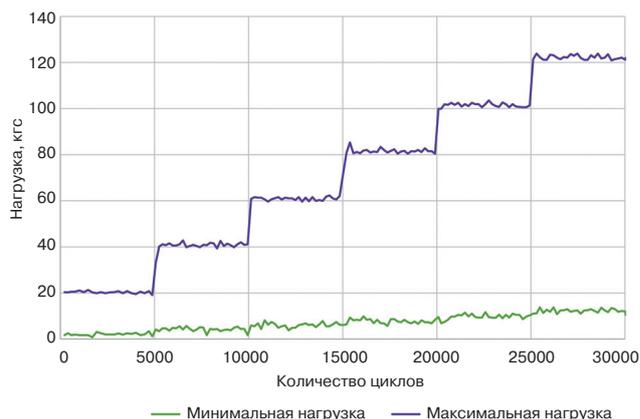
**Fig. 1.** Simulated fracture models with mounted motion sensors: а – first series with lateral fixation; б – second series with bilateral (lateral and medial) fixation



**Рис. 2.** Установка моделей переломов в испытательной машине: а – первая серия с латеральной фиксацией; б – вторая серия с двусторонней (латеральной и медиальной) фиксацией

**Fig. 2.** Bone models positioning in testing machine: а – first series with lateral fixation; б – second series with bilateral (lateral and medial) fixation

Нагрузку прикладывали вдоль механической оси бедренной кости, проходящей через центр ротации ее головки и середину межмышечковой вырезки, в циклирующем режиме с увеличением амплитуды нагружения через каждые 5000 циклов. При этом последовательно использовали 6 нагрузочных диапазонов: первый – от 2 до 20 кгс, второй – от 3 до 40 кгс, третий – от 5 до 60 кгс, четвертый – от 8 до 80 кгс, пятый – от 12 до 100, шестой – от 16 до 120 кгс (рис. 3).



**Рис. 3.** Изменения минимальных и максимальных нагрузок в шести последовательных циклах нагружения

**Fig. 3.** Recording of minimal and maximal loads in six consecutive load cycles

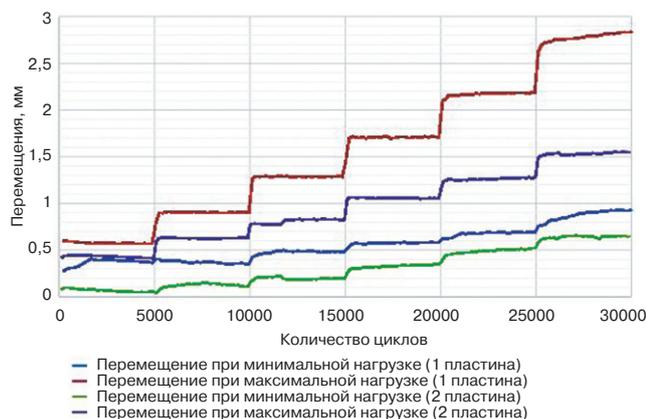
Таким образом, максимальная нагрузка ( $F_{max}$ ) в каждом из шести диапазонов составляла 20, 40, 60, 80, 100, 120 кгс, а коэффициент асимметрии нагрузки  $R$  был равен 0,1. Следует также отметить, что по мере ступенчатого роста максимальной нагрузки происходило и увеличение амплитуды нагружения, так как минимальная нагрузка возрастала более плавно и на сравнительно меньшую величину.

### Результаты

В результате проведенных экспериментов было установлено, что при исключительно латеральной фиксации смоделированного перелома (первая серия) перемещения фрагментов бедренной кости во всех нагрузочных диапазонах были значительно больше по абсолютным значениям, чем при двусторонней фиксации (вторая серия), что подтверждается результатами измерений датчиков перемещений (табл.). Эта закономерность хорошо видна на представленном графике (рис. 4). Следует также отметить, что амплитуда смещений тоже была больше в первой серии экспериментов во всех нагрузочных диапазонах, за исключением первого.

**Результаты измерений смещения фрагментов бедренной кости в двух сериях биомеханических экспериментов**  
**Values of displacement of femoral fragments in two series of biomechanical study**

Нагрузочные диапазоны	Параметры					
	Первая серия			Вторая серия		
	Смещения при Fmin, мм	Смещения при Fmax, мм	Амплитуда, мм	Смещения при Fmin, мм	Смещения при Fmax, мм	Амплитуда, мм
I (2–20 кгс)	0,3	0,6	0,3	0,1	0,45	0,35
II (3–40 кгс)	0,4	0,9	0,5	0,2	0,6	0,4
III (5–60 кгс)	0,5	1,3	0,8	0,3	0,8	0,5
IV (8–80 кгс)	0,6	1,7	1,1	0,4	1,1	0,7
V (12–100 кгс)	0,7	2,2	1,5	0,5	1,3	0,8
VI (16–120 кгс)	0,9	2,8	1,9	0,6	1,55	0,95



**Рис. 4.** Взаимные вертикальные перемещения фрагментов моделей бедренной кости при нагружении в шести разных диапазонах в двух сериях экспериментов

**Fig. 4.** Relative vertical displacement of femoral fragments in bone models under load in six various loading ranges in two series of experiments

На основании проведенных биомеханических экспериментов и сравнения полученных данных мы сделали вывод о том, что фиксация многооскольчатых переломов дистального отдела бедренной кости двумя пластинами вместо одной, расположенными не только по латеральному, но и по медиальному краю бедренной кости, обеспечивает большую стабильность и, соответственно, создает сравнительно лучшие условия для консолидации костных отломков.

### Обсуждение

Полученные результаты проведенного экспериментального биомеханического исследования свидетельствуют о том, что наличие или отсутствие медиальной опоры после остеосинтеза играет важную роль для обеспечения стабильности при многооскольчатых переломах рассматриваемой локализации. На наш взгляд, важность наличия медиальной опоры для полноценного обеспечения опорной функции во многом определяется анатомией дистального отдела бедренной кости, где диафизарная часть в форме цилиндра расширяется и переходит в надмышцелки и мышцелки, через которые осевая нагрузка передается на суставную поверхность большеберцовой кости. При этом из-за несовпадения анатомической и механической осей бедренной кости большая часть нагрузки приходится на ее медиальный мышцелок. При многооскольчатых переломах дистального отдела бедренной кости при осевой нагрузке концентрация сил растяжения происходит по латеральной стороне, а концентрация сил сжатия — по медиальной стороне кости. Пластина для остеосинтеза переломов рассматриваемой локализации, традиционно имплантируемая на латеральной стороне бедренной кости, нейтрализует силы растяжения, однако силам сжатия по ее медиальной стороне противостоит лишь незначительно. Это приводит к избыточной подвижности в зоне перелома, которая препятствует сращению и может явиться причиной несостоятельности фиксации, а в итоге — к замедленной консолидации или формированию ложного сустава. Риски таких осложнений освещены в научной литературе [20], а также

подтверждаются результатами нашего биомеханического эксперимента.

Необходимо отметить, что на современном этапе развития оперативной травматологии при переломах длинных трубчатых костей в местах, характеризующихся неравномерным распределением функциональной нагрузки, особое внимание уделяется полноценному обеспечению стабильности костных отломков в ходе операций остеосинтеза. Поэтому наряду с общепринятыми методиками остеосинтеза, выбор которых основан на традиционных классификациях, в последние годы все чаще используются классификации, разделяющие поврежденный сегмент на несколько колонн, несущих функциональные нагрузки. Такое разделение во многом условно, однако позволяет более рационально планировать операции остеосинтеза, так как ориентирует хирургов на достижение стабильной фиксации переломов с восстановлением важных в функциональном отношении колонн.

Так, например, J.V. Jupiter и D.K. Mehne в 1992 г. предложили теорию двух колонн для лечения пострадавших с переломами дистального отдела плечевой кости. Авторы выделили латеральную и медиальную колонны, объединенные блоком. На основании своего исследования они сделали вывод о необходимости внутренней фиксации обеих колонн при их нестабильности вследствие переломов [21].

Работа D.A. Rikli и P. Regazzoni (1996) посвящена анализу 20 случаев остеосинтеза при сложных переломах дистального отдела лучевой кости в аспекте разработанной авторами биомеханической концепции трехколонного строения скелета в дистальных отделах предплечья. К медиальной колонне авторы отнесли локтевую кость, треугольный суставной хрящ и дистальный лучелоктевой сустав. Среднюю колонну, по их мнению, образует медиальная часть лучевой кости с полудлунной ямкой и сигмовидной вырезкой. Латеральная колонна состоит из латеральной части лучевой кости с ладьевидной ямкой и шиловидным отростком [22].

В статье С.Ф. Luo с соавторами приводятся результаты проспективного исследования, посвященного разработке трехколонной концепции применительно к фиксации переломов проксимального метаэпифиза большеберцовой кости (тибиального плато). При этом авторы выделили медиальную, латеральную и заднюю колонны и сделали вывод о том, что в случае сложных (многооскольчатых) переломов тибального плато для достижения стабильности в зоне перелома необходимо производить фиксацию всех трех колонн из комбинированных доступов [23].

Эту концепцию подтверждает биомеханическое исследование V.G. Cuéllar с соавторами, показавшее, что сгибание и варусно-вальгусные деформации с нефиксированными задне-медиальными фрагментами тибального плато приводят к неприемлемому смещению отломков. На основании этого авторы делают вывод, что задне-медиальные фрагменты подлежат обязательной фиксации опорными пластинами [24].

Важным биомеханическим аспектом состоятельности фиксации при переломах костей в неравномерно (эксцентрично) нагружаемых зонах является наличие или отсутствие медиальной стабильности. Многочисленные публикации различных авторов подтверждают, что медиальная стабильность при переломах метаэпифизарных отделов длинных трубчатых костей конечностей играет важную роль в обеспечении общей стабильности остеосинтеза и является фактором, способствующим предотвращению развития несостоятельности имплантатов или их переломов. В частности, W. Zhang с соавторами и P. Yang с соавторами пришли к выводу о том, что металлоконструкции, обеспечивающие медиальную стабильность при переломах проксимального отдела плечевой кости, проявляют лучшие биомеханические показатели по сравнению с пластинами без медиальной поддержки [25, 26]. W.B. Jung с соавторами пришли к выводу о том, что наличие медиальной опоры при остеосинтезе переломов проксимального отдела плечевой кости приводит к снижению количества осложнений [27].

В литературе также описаны примеры использования двух пластин (по латеральной и по медиальной сторонам) при остеосинтезе переломов проксимального отдела плечевой кости. По мнению авторов, такая методика обеспечивает большую стабильность в зоне перелома и приводит к снижению риска варусной деформации и несращения [28].

В работе M. Marmor с соавторами, посвященной остеосинтезу переломов проксимального отдела бедренной кости, также сделан вывод о том, что утрата медиальной опоры увеличивает нестабильность перелома, а имплантаты, обеспечивающие медиальную поддержку, предпочтительнее в использовании при остеосинтезе переломов этой локализации [29].

В 2016 г. N. Briffa с соавторами опубликовали результаты биомеханического сравнительного анализа стабильности пластин при осевой нагрузке, расположенных по медиальной и латеральной поверхностям дистального отдела бедренной кости. Авторы пришли к выводу, что в случае перелома с утратой медиальной опоры,

медиально размещенная пластина обеспечивает большую стабильность фиксации, что проявляется меньшей подвижностью отломков, меньшей угловой эластической их деформацией при нагрузке по оси и меньшим напряжением непосредственно в зоне перелома [16].

Данные, полученные в результате описанных выше исследований, можно соотнести с теорией межфрагментарной деформации S.M. Perren, предложенной в 1979 г. [30], согласно которой степень допустимой подвижности отломков в зоне перелома в меньшей мере зависит от их смещения относительно друг друга и в большей — от отношения расстояния между отломками к величине их смещения. Величина растяжения (относительной деформации) в зоне перелома должна находиться в пределах от минимально необходимой для индукции биологической регенерации кости и образования костной мозоли до максимально допустимой величины, которая не препятствует костному сращению. Таким образом, для каждой локализации перелома существует предельно допустимая величина межфрагментарной подвижности. Она определяется как отношение изменения длины костного сегмента под действием заданной нагрузки к исходной его длине, выраженное в процентах. Следовательно, микроподвижность в зоне перелома должна быть достаточной для обеспечения непрямого костного сращения с образованием мозоли, но не превышать предельно допустимой величины, при которой развивается несращение. Обеспечение достаточной стабильности в зоне перелома при сохранении микроподвижности фрагментов, по мнению автора, является целью биологического остеосинтеза [31].

С учетом приведенных выше данных мы считаем целесообразным выделить применительно к операциям остеосинтеза при переломах в дистальном отделе бедренной кости две колонны: латеральную (к ней относятся латеральная часть нижней трети диафиза, а также латеральный надмыщелок и латеральный мыщелок) и медиальную (медиальная часть нижней трети диафиза, медиальный надмыщелок и медиальный мыщелок). Практическая значимость такой двухколонной классификации заключается в привлечении внимания хирургов к необходимости полноценной фиксации в ходе остеосинтеза сложных переломов дистального отдела бедренной кости (типы 33-A3, 33-C1, 33-C2, 33-C3 по классификации АО). Известно, что в таких случаях стабильность остеосинтеза во многом зависит от отсутствия или наличия медиальной опоры в зоне перелома или, согласно предложенной классификации, от восстанов-

ления прочности медиальной колонны. Наши биомеханические исследования показали, что при повреждении обеих колонн раздельная фиксация каждой из них значительно повышает устойчивость системы имплантаты — кость к циклическим нагрузкам. Поэтому в таких клинических ситуациях в ходе операций остеосинтеза требуется восстановление стабильности обеих колонн.

Однако сегодня общепринятой методикой остеосинтеза при переломах дистального отдела бедренной кости является фиксация одной пластиной по ее латеральной стороне [9]. Такой остеосинтез обеспечивает фиксацию только латеральной колонны. Но при переломах с большим количеством костных фрагментов в дистальной части бедренной кости одной пластины, расположенной по латеральной стороне, может быть недостаточно для обеспечения стабильности в зоне перелома, необходимой для биологического сращения кости. Поэтому, на наш взгляд, в подобных случаях требуется фиксация как латеральной, так и медиальной колонн в дистальном отделе бедренной кости.

Попытки выполнения остеосинтеза переломов дистального отдела бедренной кости с позиционированием пластины по медиальной ее стороне описаны в литературе. Так, еще в 1991 г. R. Sanders с соавторами предложили установку медиальной пластины из традиционного широкого медиального доступа. Однако этот способ остеосинтеза не нашел широкого применения из-за большой травматичности и риска повреждения магистральных сосудов бедра [18]. Описания же случаев клинического использования малоинвазивного остеосинтеза бедренной кости медиальной пластиной в научной литературе нам найти не удалось.

C. Jiamton с соавторами выполнили исследование малоинвазивного остеосинтеза на анатомическом материале с использованием длинной пластины, предназначенной для фиксации переломов проксимального отдела большеберцовой кости. Проксимальную часть этой пластины авторы фиксировали из доступа, который выполняли по линии, соединяющей верхнюю переднюю подвздошную ость и медиальный мыщелок бедренной кости. Доступ осуществляли поверхностно между портняжной и прямой мышцами бедра, после чего продольно рассекали волокна медиальной и промежуточной широкой мышц до бедренной кости. При этом авторы отметили риск повреждения при выполнении проксимального доступа нисходящей ветви латеральной огибающей бедренную кость артерии и необходимость лигирования ветвей этой артерии в ряде случаев [17].

В целом же в настоящее время можно констатировать отсутствие детально разработанной методики малоинвазивного остеосинтеза пластиной, установленной по медиальной стороне бедренной кости для восстановления стабильности ее медиальной колонны. Это, в свою очередь, не позволяет внедрить в клиническую практику эффективную методику двухколонной фиксации двумя пластинами при сложных переломах дистального отдела бедренной кости. Поэтому, на наш взгляд, требуются дополнительные исследования с целью изучения оптимальной длины и формы пластины для фиксации медиальной колонны, разработки хирургических доступов, а также техники ее малоинвазивной установки и безопасной фиксации. В случае положительных результатов таких исследований, проведенных на анатомическом материале, возможна будет клиническая апробация такого способа и его дальнейшее внедрение в клиническую практику.

Практическая значимость предложенной теории и вытекающей из нее двухколонной классификации состоит, на наш взгляд, в том, что она привлекает внимание хирургов к необходимости полноценной фиксации переломов дистального отдела бедренной кости при остеосинтезе и ориентирует их на установку дополнительной медиальной пластины при разрушении медиальной колонны и соответствующем отсутствии медиальной стабильности. Необходимо проведение новых прикладных научных исследований, призванных обосновать и способствовать внедрению в клиническую практику отсутствующих к настоящему времени эффективных способов малоинвазивного накостного остеосинтеза пластинами по медиальной стороне поврежденной бедренной кости.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Барабаш А.П., Шпиняк С.П., Барабаш Ю.А. Сравнительная характеристика методов остеосинтеза у пациентов с оскольчатыми переломами диафиза бедренной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(2):116-124. DOI: 10.21823/2311-2905-2013-2-116-124. Varabash A.P., Shpinyak S.P., Varabash J.A. [Comparative characteristics of osteosynthesis techniques in patients with comminuted diaphyseal femoral fractures]. *Traummatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(2):116-124. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2013-2-116-124.
2. Kolmert L., Wulff K. Epidemiology and treatment of distal femoral fractures in adults. *Acta Orthop Scand*. 1982;53(6):957-962. DOI: 10.3109/17453678208992855.
3. Martinet O., Cordey J., Harder Y. The epidemiology of fractures of the distal femur. *Injury*. 2000;31(3):62-63. DOI: 10.1016/s0020-1383(00)80034-0.
4. Ali M.A., Shafique M., Shoaib M. Fixation of femoral supracondylar fractures by dynamic condylar screw. *Med Channel*. 2004;10:65-67.
5. Iftikhar A. Surgical outcome of supracondylar and intercondylar fractures femur in adults treated with dynamic condylar screw. *JPMI*. 2011;25(1):49-55.
6. Ehlinger M., Ducrot G., Adam P., Bonnomet F. Distal femur fractures. Surgical techniques and a review of the literature. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(3):353-360. DOI: 10.1016/j.otsr.2012.10.014.
7. Crist D.B., Della Rocca J.G., Murtha M.Y. Treatment of Acute Distal Femur Fractures. *Orthopedics*. 2008;31(7):681-690. DOI: 10.3928/01477447-20080701-04.
8. Virk J.S., Garg S.K., Gupta P., Jangira V., Singh J., Rana S. Distal Femur Locking Plate: The Answer to All Distal Femoral Fractures. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(10):RC01-RC05. DOI: 10.7860/jcdr/2016/22071.8759.
9. Pietu G., Lebaron M., Flecher X., Hulet C., Vandenbussche E.; SOFCOT. Epidemiology of distal femur fractures in France in 2011-12. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2014;100(5):545-548. DOI: 10.1016/j.otsr.2014.06.004.
10. Соколов В.А., Бялик Е.И., Такиев А.Т., Бояршинова О.И. Оперативное лечение переломов дистального отдела бедра у пострадавших с сочетанной и множественной травмой. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2004;(1):20-26. Sokolov V.A., Byalik E.I., Takiev A.T., Boyarshinova O.I. [Surgical treatment of distal femur fractures in patients with concomitant and multiple injury]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [Reporter of Traumatology and Orthopedics named Priorov]. 2004;(1):20-26.
11. Zlowodzki M., Bhandari M., Marek D.J., Cole P.A., Kregor P.J. Operative Treatment of Acute Distal Femur Fractures: Systematic Review of 2 Comparative Studies and 45 Case Series (1989 to 2005). *J Orthop Trauma*. 2006;20(5):366-371. DOI: 10.1097/00005131-200605000-00013.
12. Дулаев А.К., Дыдыкин А.В., Заяц В.В., Бобрин М.И., Рефицкий Ю.В., Джусоев И.Г. Интрамедуллярный остеосинтез штифтами с блокированием при около- и внутрисуставных переломах длинных костей конечностей в комплексном лечении пострадавших с тяжелой травмой. *Скорая медицинская помощь*. 2013;(1):69-73. Dulaev A.A., Dydykin A.V., Zayats V.V., Bobrin M.I., Refickiy J.V., Dzhusev I.G. [Intramedullary periarticular and intraarticular fractures internal fixation in patients with severe trauma]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch* [Emergency Medical Care]. 2013;(1):69-73.
13. Schatzker J., Tile M. Supracondylar fractures of the femur (33-A, B, and C). In Schatzker J., Tile M., eds. *The Rationale of Operative Fracture Care*. 3rd ed. Berlin: Springer; 2005. pp. 409-439.
14. Апагуни А. Э., Власов А. Ю. Анатомо-функциональные результаты различных методов лечения пациентов с повреждениями диафиза и дистальной трети бедренной кости. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2009;(2):19-21. Apaguni A.E., Vlasov A.U. [Anatomo-functional results of different types of patients treatment with damage of diaphysis and distal third of femoral bone]. *Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik* [Kuban Scientific Medical Bulletin] 2009;(2):19-21.

15. Ruedi T.P., Buckley R.E., Moran C.G. AO principles of fracture management. 2th ed. Stuttgart etc: Thieme Medical Publishers; 2007. 947 p.
16. Briffa N., Karthickeyan R., Jacob J., Khaleel A. Comminuted supracondylar femoral fractures: a biomechanical analysis comparing the stability of medial versus lateral plating in axial loading. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2016;3(11):187-191. DOI: 10.1007/s11751-016-0268-0.
17. Jiamton C., Apivatthakakul T. The safety and feasibility of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) on the medial side of the femur: A cadaveric injection study. *Injury.* 2015;46(11):2170-2176. DOI: 10.1016/j.injury.2015.08.032.
18. Sanders R., Swiontkowski M., Rosen H., Helfet D. Double-plating of comminuted, unstable fractures of the distal part of the femur. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73(3):341-346 DOI: 10.2106/00004623-199173030-00004.
19. Heiner A.D., Brown T.D. Structural properties of a new design of composite replicate femurs and tibias. *J Biomech.* 2001;34(6):773-781.
20. Henderson C.E., Kuhl L.L., Fitzpatrick D.C., Marsh J.L. Locking plates for distal femur fractures: is there a problem with fracture healing? *J Orthop Trauma.* 2011;25(1):8-14. DOI: 10.1097/bot.0b013e3182070127.
21. Jupiter J.B., Mehne D.K. Fractures of the distal humerus. *Orthopedics.* 1992;7(15):825-833.
22. Rikli D.A., Regazzoni P. Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. A preliminary report of 20 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;4(78):588-592.
23. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;11(24):683-692. DOI: 10.1097/bot.0b013e3181d436f3.
24. Cuéllar V.G., Martinez D., Immerman I., Oh C., Walker P.S., Egol K.A. A biomechanical study of posteromedial tibial plateau fracture stability: do they all require fixation? *J Orthop Trauma.* 2015;29(7):325-330. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000277.
25. Yang P., Zhang Y., Liu J., Xiao J., Ma L.M., Zhu C.R. Biomechanical effect of medial cortical support and medial screw support on locking plate fixation in proximal humeral fractures with a medial gap: a finite element analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2015;49(2):203-209. DOI: 10.3944/aott.2015.14.0204.
26. Zhang W., Zeng L., Liu Y., Pan Y., Zhang W., Zhang C., Zeng B., Chen Y. The mechanical benefit of medial support screws in locking plating of proximal humerus fractures. *PLoS One.* 2014;8(9):e103297. DOI: 10.1371/journal.pone.0103297.
27. Jung W.B., Moon E.S., Kim S.K., Kovacevic D., Kim M.S. Does medial support decrease major complications of unstable proximal humerus fractures treated with locking plate? *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:102. DOI: 10.1186/1471-2474-14-102.
28. He Y., He J., Wang F., Zhou D., Wang Y., Wang B., Xu S. Application of Additional Medial Plate in Treatment of Proximal Humeral Fractures With Unstable Medial Column: A Finite Element Study and Clinical Practice. *Medicine (Baltimore).* 2015;94(41):e1775. DOI: 10.1097/MD.0000000000001775.
29. Marmor M., Liddle K., Pekmezci M., Buckley J., Matityahu A. The effect of fracture pattern stability on implant loading in OTA type 31-A2 proximal femur fractures. *J Orthop Trauma.* 2013;27(12):683-689. DOI: 10.1097/bot.0b013e31828bacb4.
30. Perren S.M. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;138:175-196.
31. Perren S.M., Fernandez A., Regazzoni P. Understanding Fracture Healing Biomechanics Based on the "Strain" Concept and its Clinical Applications. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2015;4(82): 253-260.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ:

*Беленький Игорь Григорьевич* — д-р мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Сергеев Геннадий Дмитриевич* — ассистент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Борис Александрович Майоров* — ассистент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Сергей Георгиевич Семенов* — руководитель группы динамических испытаний ФГБУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург

*Андрей Владимирович Бенин* — начальник научно-исследовательской части ФГБУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Igor G. Belenky* — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Gennady D. Sergeev* — Orthopedic Surgeon, Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Boris A. Mayorov* — Junior Lecturer, Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Sergey G. Semenov* — Head of Dynamic Test Group, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russian Federation

*Andrey V. Benin* — Head of Research Department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russian Federation

# Экспериментальная апробация комбинированного остеосинтеза при удлинении бедренной кости

М.А. Степанов<sup>1</sup>, Н.И. Антонов<sup>1</sup>, Д.Ю. Борзунов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

Ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

Ул. Одесская, д. 54, г. Тюмень, 625023, Россия

## Реферат

Устранение врожденного укорочения нижней конечности по-прежнему остается сложной и далеко не решенной ортопедической задачей, требующей как совершенствования технологий остеосинтеза, так и внесения необходимых корректив в тактику лечебно-реабилитационных мероприятий.

**Цель исследования** – экспериментально апробировать способ комбинированного остеосинтеза для удлинения бедра с применением аппарата внешней фиксации и наkostной пластины.

**Материал и методы.** Удлинение бедренной кости выполнено у 6 беспородных собак. Средний возраст животных составил  $1,5 \pm 0,3$  года, вес –  $20 \pm 5$  кг, длина бедренной кости –  $22 \pm 2$  см. Животным под общим наркозом на правую бедренную кость устанавливали аппарат внешней фиксации из двух опор и наkostную пластину оригинального дизайна из титанового сплава. Удлинение осуществляли в ручном режиме с темпом 1 мм в сутки за 4 приема на величину 10% от исходной длины сегмента. Аппарат внешней фиксации демонтировали в день окончания distraction после блокирования пластины.

Рентгенографические исследования выполняли в день операции, через 7, 14 и 25 суток с начала distraction, а также через 14, 30, 60 и 90 суток после окончания distraction и демонтажа аппарата. Три собаки были выведены из эксперимента на 30-е сутки фиксации, остальные три собаки – через 90 суток. После эвтаназии были проведено патологоанатомическое исследование органокомплекса бедра и соприкасающихся с пластиной тканей.

**Результаты.** Собаки пользовались оперированной конечностью в процессе всего периода удлинения. Первые рентгенологические признаки distractionного остеогенеза визуализировали на 7-е сутки удлинения. К концу distraction на 25-е сутки во всех наблюдениях тени костных регенератов имели продольно исчерченную структуру. Срединная зона просветления размером 1–5 мм располагалась как по диагонали, так и поперек регенерата либо была прерывистой. Через 60 суток после фиксации на рентгенограммах наблюдали регенерат с гомогенной структурой. Индекс внешнего остеосинтеза составил  $13,9 \pm 1,5$  дн/см ( $p \leq 0,05$ ). Во время эксперимента мы не наблюдали ни одного случая поломки металлоконструкции, винта или их деформации.

**Вывод.** Комбинированный остеосинтез, предполагающий использование спице-стержневого аппарата внешней фиксации и оригинальной наkostной пластины при удлинении бедра, уменьшает травмирующий фактор элементов чрескостной наружной фиксации на смежные суставы и мышцы бедра, что позволяет снизить риски атрофии мышц и формирования стойких контрактур суставов, а также восстановить функцию поврежденной конечности в более ранние сроки.

**Ключевые слова:** врожденное укорочение нижней конечности, удлинение бедренной кости, комбинированный остеосинтез, метод Илизарова, наkostный остеосинтез.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-95-102.

Stepanov M.A., Antonov N.I., Borzunov D.Yu. Экспериментальная апробация комбинированного остеосинтеза при удлинении бедренной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):95-102. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-95-102.

**Cite as:** Stepanov M.A., Antonov N.I., Borzunov D.Yu. [Experimental Approval of Combined Fixation for Femur Lengthening]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):95-102. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-95-102.

Антонов Николай Иванович. Ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия / Nikolay I. Antonov. 54, ul. Odesskaya, Tyumen, 625023, Russian Federation; e-mail: aniv-niko@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 03.08.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 28.08.2017.

## Experimental Approval of Combined Fixation for Femur Lengthening

M.A. Stepanov<sup>1</sup>, N.I. Antonov<sup>1</sup>, D.Yu. Borzunov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ilizarov Russian Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopedics  
6, ul. M. Ulyanova, Kurgan, 640014, Russian Federation

<sup>2</sup> Tyumen State Medical University  
54, ul. Odesskaya, Tyumen, 625023, Russian Federation

### Abstract

Elimination of congenital shortening of lower limb still remains a complex and unsolved orthopaedic task which requires an improved fixation technique as well as adjusted tactics of treatment and rehabilitation procedures.

*Purpose of the study* – experimental approval of femur lengthening technique by external fixation with Ilizarov apparatus and internal fixation by plate.

*Materials and methods.* Femur lengthening was performed in 6 mongrel dogs. Average animal age was  $1,5 \pm 0,3$  years, average weight –  $20 \pm 5$  kg, femur length –  $22 \pm 2$  sm. External apparatus with two supports and a titanium plate of an original design were applied under general anesthesia on the right femur of animals. Lengthening was performed manually at a rate of 1 mm per day in 4 stages at a distance of 10% from initial segment length. External apparatus was removed on the last day of distraction after locking the plate. X-ray examination was done on the day of surgery, in 7, 14 and 25 days from the onset of distraction as well as in 14, 30, 60 and 90 days after completion of distraction and removal of external apparatus. Three animals were taken out of experiment in 30 days of fixation, remaining three animals – in 90 days. After euthanasia the authors performed autopsy of the organic femur complex and tissues contacting the plate.

*Results.* The use of operated limb was not restricted during the whole distraction period. The authors observed first roentgenological signs of distraction osteogenesis on 7th day of lengthening. By the end of distraction period, at 25th day, shadows of regenerates demonstrated longitudinal striated structures in all cases. Median lucency area of 1–5 mm was located diagonally and across the regenerate or was intermittent. In 60 days of fixation X-rays demonstrated homogeneous regenerate. External fixation index was  $13,9 \pm 1,5$  days/sm ( $p \leq 0,05$ ). The authors observed no cases of implants fracture or deformity during the experiment.

*Conclusion.* Application of the developed plate in combination with external apparatus demonstrated high efficiency for femur lengthening in experiment study.

**Keywords:** congenital shortening of lower limb, femur lengthening, plate fixation, Ilizarov method, plate osteosynthesis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-95-102.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

### Введение

Устранение врожденного укорочения нижней конечности по-прежнему остается сложной и далеко не решенной ортопедической задачей, требующей как совершенствования технологий остеосинтеза, так и внесения необходимых корректив в тактику лечебно-реабилитационных мероприятий [1]. Основная проблема, возникающая при удлинении бедра – это ограничение функции коленного сустава. Факторами, влияющими на нее, являются этиология укорочения, характер оперативного вмешательства, величина удлинения и длительность остеосинтеза [2, 3]. Использование внешней фиксации для удлинения бедренной кости сопряжено с необходимостью длительного ношения аппарата, что снижает качество жизни пациента, а также возможностью прорезывания мягких тканей в области спиц, воспалением, контрактурами смежных суставов и т. д. [4–8].

Одновременное применение внешней фиксации и интрамедуллярного остеосинтеза, ко-

торое стали использовать с конца XX в., позволило значительно сократить индекс внешней фиксации и повысить качество жизни больных во время лечения, ускорив процесс реабилитации [9–19].

Позже для удлинения костей конечностей начали применять накостный остеосинтез пластинами в сочетании с внешней фиксацией, что позволило сократить период нахождения пациента в аппарате и уменьшить риск осложнений [9, 20–26]. В 2003 г. В.М. Шаповалов предложил использовать для удлинения бедра пластину с продольным пазом в комбинации с внешней фиксацией (патент РФ на изобретение № 2211001).

Однако некоторые из предложенных методик имеют недостатки, обусловленные несовершенной конструкцией накостных пластин. Чаще всего используют обычные пластины с большим количеством отверстий без продольного паза, что затрудняет наблюдение за конструкцией и ее фиксацию к дистальному

отломку после удлинения конечности. Нередко происходят переломы пластины после снятия аппарата. У детей с открытыми зонами роста нецелесообразно имплантировать интрамедуллярный штифт в костномозговой канал через ростковые зоны, поэтому для них предпочтительно применение описанной методики [23–25].

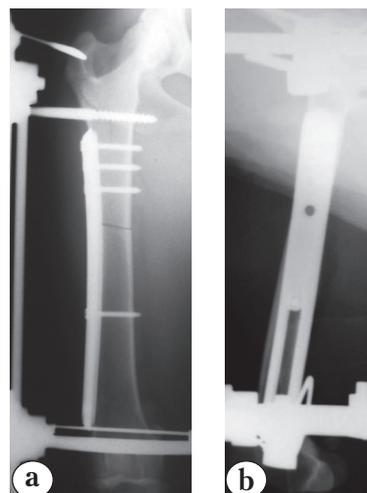
**Цель исследования** — экспериментально апробировать способ комбинированного остеосинтеза для удлинения бедра с применением аппарата внешней фиксации и накостной пластины.

### Материал и методы

Было прооперировано шесть беспородных собак. Средний возраст животных составил  $1,5 \pm 0,3$  года, вес —  $20 \pm 5$  кг, длина бедренной кости —  $22 \pm 2$  см. В условиях операционной собакам под общим наркозом на правую бедренную кость устанавливали аппарат внешней фиксации из двух опор и накостную пластину оригинального дизайна из титанового сплава (заявка № 2017122105 РФ на полезную модель от 22.06.2017). В верхней части пластины имелись три отверстия для фиксации ее винтами к проксимальному отделу бедренной кости. Срединная часть металлоконструкции была цельная. В дистальной части пластины имелись продольный сквозной паз, занимающий  $1/3$  ее длины, для осуществления дистракции и дополнительное отверстие для фиксации к дистальному отделу бедренной кости. Поперечный профиль пластины был выполнен в виде швеллера, что придавало ей дополнительную прочность и ограничивало площадь контакта с костью. Пластина имела плавную вогнутость, повторяющую анатомическую кривизну бедренной кости собаки, что позволяло добиться адекватного контакта пластины с костью (рис. 1 а).

Всем собакам осуществляли остеотомию пилкой Джигли на уровне средней трети бедра. Пластину устанавливали на латеральной поверхности бедренной кости, производя отслойку мягких тканей. Верхнюю часть пластины фиксировали к проксимальному отломку тремя винтами в предварительно просверленные отверстия в кости. Нижнюю часть пластины фиксировали к дистальному отломку одним винтом, введенным в верхнюю часть паза, и неплотно затягивали (рис. 1).

Дистракцию начинали на 7-й день после операции с темпом 1 мм за 4 приема в сутки в течение 25 дней. Удлинение было выполнено



**Рис. 1.** Остеосинтез бедренной кости аппаратом внешней фиксации и накостной пластиной: рентгенограммы в прямой (а) и боковой (б) проекциях в день операции

**Fig. 1.** Femoral fixation by external apparatus and a plate: AP (a) and lateral (b) x-ray views on the day of surgery

на 10% от общей длины кости, что составляло в среднем 23 мм. В день окончания удлинения нижнюю часть пластины фиксировали тремя винтами, введенными в паз пластины, а аппарат Илизарова демонтировали. У трех собак фиксация пластиной продолжалась 30 суток и у еще трех собак — в течение 90 суток. Хирургические вмешательства и эвтаназии были выполнены в соответствии с «Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ № 755 МЗ СССР от 12.08.1977) и «Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях» (Страсбург, 1986). На проведение эксперимента было получено разрешение этического комитета ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова».

Рентгенограммы были выполнены на аппарате Toshiba Rotanode (Япония) в прямой и боковой проекциях. Рентгенографические исследования выполняли в день операции, через 7, 14 и 25 суток с начала дистракции, а также через 14, 30, 60 и 90 суток после окончания дистракции и демонтажа аппарата, что соответствовало срокам фиксации сегмента пластиной. Три собаки были выведены из эксперимента через 30 суток фиксации, остальные три собаки — на 90-е сутки. После эвтаназии были проведены патологоанатомические исследования органокомплекса бедра и соприкасающихся с пластиной тканей.

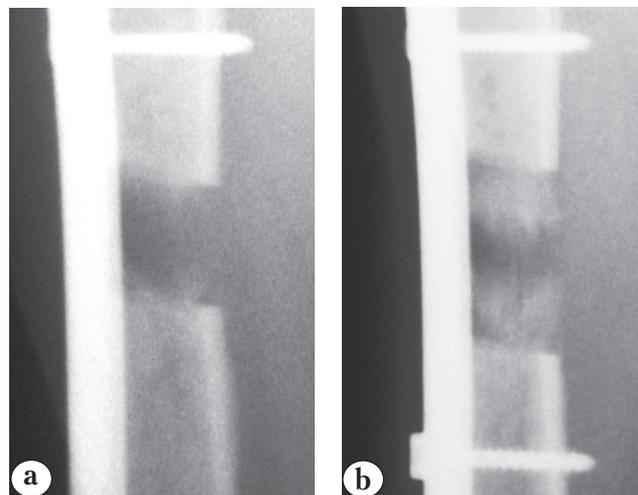
Статистический анализ результатов исследования проводили в программе AtteStat 13.1. Определяли средние значения ( $M$ ) и стандартное отклонение ( $\sigma$ ). Для проверки распределения нормальности выборки использовали критерий Шапиро – Уилка. Значимость различий определяли по  $W$ -критерию Вилкоксона для независимых выборок. Различия считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

### Результаты

Послеоперационный период у животных проходил без осложнений. Серозное отделяемое из стержневых каналов было непостоянным и незначительным. В течение 1–5 суток на бедре у одной собаки в области скакательного сустава наблюдали отек мягких тканей без четких границ. Как правило, животные в первые сутки после операции наступали на конечность при движении. Иногда в первые дни наблюдали хромоту опирающегося типа. Объем движений в тазобедренном и скакательном суставах был полным. К началу дистракции, на 7-е сутки после операции, двигательная и опорная функции оперированной конечности были выражены хорошо. В процессе всего периода удлинения кости собаки пользовались оперированной конечностью. Начиная с 10–14-х суток дистракции, животные при движении немного отводили оперированную конечность и опирались лишь на кончики пальцев. Особенно это было заметно к концу дистракции — на 25-е сутки. В период фиксации, через 30, 60 и 90 суток после блокировки пластины, незначительное отведение конечности сохранялось ввиду разной длины конечностей, а опора на конечность становилась более полной.

Первые рентгенологические признаки дистракционного остеогенеза визуализировали на 7-е сутки удлинения как тени эндостальных регенератов в виде столбиков шириной 5–9 мм в центре межотломкового диастаза от концов отломков. На 14-е сутки дистракции тени регенерата имели размытые очертания, в центре прерывались, по обоим краям выглядели как зубчатые образования (рис. 2 а). Ось кости была правильная, смещения отломков не наблюдали. К концу дистракции (25 суток) во всех наблюдениях ось кости была правильная. Тени костных регенератов имели продольно исчерченную структуру. Срединная зона просветления размером 1–5 мм располагалась как по диагонали, так и поперек регенерата, либо была прерывистой. Периостальных наслоений выявлено не было. Стабильность накостной пластины сомнений не вызывала. На данном этапе эксперимента

в условиях операционной пластину блокировали 3–4 винтами на уровне дистального отломка через паз и нижнее отверстие, аппарат демонтировали (рис. 2 б). Средняя величина удлинения составила  $23 \pm 2$  мм, индекс внешнего остеосинтеза —  $13,9 \pm 1,5$  дн./см ( $p \leq 0,05$ ).



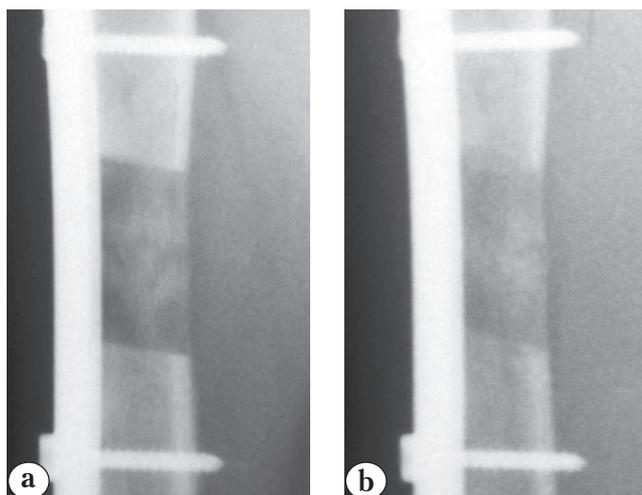
**Рис. 2.** Удлинение бедра в условиях комбинированного остеосинтеза:  
а – 14-е сутки удлинения;  
б – 25-е сутки удлинения, демонтаж аппарата и блокировка пластины.  
Рентгенограммы выполнены в прямой проекции

**Fig. 2.** Femoral lengthening using combined fixation, distraction period. AP x-rays:  
a – 14 days of lengthening; shadows of endosteal regenerate;  
b – 25 days of lengthening; fixator removal and locking of the plate

На 14-е сутки фиксации бедренной кости пластиной регенерат заметно отличался по структуре от регенерата двухнедельной давности. Тени соединительнотканых прослоек были минимизированы, линия просветления в центре регенерата прерывистая. Плотность регенерата увеличилась (рис. 3 а).

На 30-е сутки фиксации тень регенерата в большинстве случаев приобретала однородную структуру, имела нормопластический тип. Линия просветления в центре регенерата едва заметна. Рентгенографические признаки периостальной реакции в области регенерата были отмечены в трех случаях из шести (рис. 3 б).

В четырех наблюдениях из шести слабая периостальная реакция в виде плотных теней имела место в области выхода нарезной части винтов, фиксирующих пластину на дистальном отломке бедренной кости.

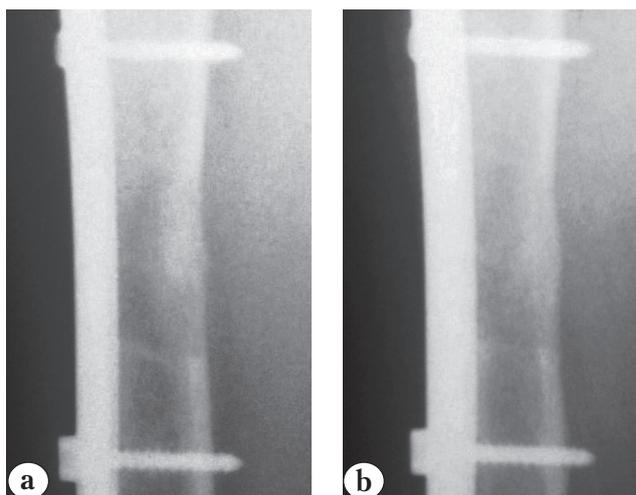


**Рис. 3.** Фиксация пластиной после удлинения бедра в условиях комбинированного остеосинтеза:  
 а – 14-е сутки после удлинения – линия просветления в центре регенерата прерывистая;  
 б – 30-е сутки после удлинения – линия просветления в центре регенерата едва заметна.  
 Рентгенограммы выполнены в прямой проекции

**Fig. 3.** Plate fixation after femoral lengthening by combined method. AP X-rays:  
 а – day 14 after the lengthening procedure, intermittent lucency line in the center of regenerate;  
 б – day 30 after the lengthening procedure, faintly visible lucency line in the center of regenerate

К 60-м суткам фиксации верхняя граница между регенератом и материнской костью стиралась. Плотность регенерата увеличивалась, тень становилась более однородной. Тень кортикальной пластинки в области регенерата не дифференцировалась (рис. 4 а). Через 90 суток фиксации тень регенерата становилась полностью гомогенной, выявляли органотипическую перестройку регенерата с формированием кортикальных пластинок по периферии (рис. 4 б).

Патологоанатомические исследования органокомплекса тазовой конечности собаки через 30 суток фиксации пластиной выявили следующие макроскопические изменения. Визуально объем бедер оперированной и контралатеральной конечностей не отличался друг от друга. Между фасциями мышц бедра оперированной конечности имелись спайки. Жировая ткань на опытной конечности имела желтоватый оттенок, а на интактной была белого цвета. Вся поверхность пластины была покрыта «чехлом» из плотной соединительной ткани. Паз на пластине во всех трех случаях был заполнен

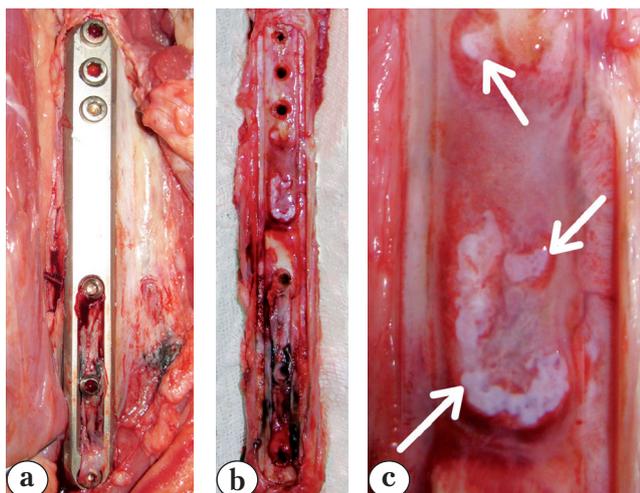


**Рис. 4.** Фиксация пластиной после удлинения бедра в условиях комбинированного остеосинтеза:  
 а – через 60 суток после удлинения, тень регенерата близка к однородной;  
 б – через 90 суток после удлинения, тень регенерата гомогенна.  
 Рентгенограммы выполнены в прямой проекции

**Fig. 4.** Plate fixation after femoral lengthening by combined osteosynthesis, AP X-rays:  
 а – 60 days after the lengthening procedure, regenerate shadow almost homogeneous;  
 б – 90 days after lengthening, homogeneous regenerate shadow

соединительной тканью с кровеносными сосудами, врастающими в «чехол», покрывающий пластину (рис. 5 а). Под пластиной кость была покрыта неоднородной тканью, напоминающей волокнистый хрящ без очагов некроза (рис. 5 б). В зоне регенерата под пластиной были выявлены островки хрящевой ткани (рис. 5 с).

На 90-е сутки фиксации бедренной кости пластиной явные признаки атрофии мышц бедра отсутствовали. Между фасциями мышц бедра тазовой конечности были обнаружены спайки. Соединительнотканый «чехол» легко снимался с верхней половины пластины (рис. 6 а). С нижней части пластины из-за заращения пазы соединительнотканно-хрящевыми образованиями приходилось выполнять резекцию тканей над пазом (рис. 6 б). Под пластиной очагов воспаления, расплавления или некроза подлежащих тканей не обнаружили. В зоне регенерата на всем его протяжении под пластиной обнаружены капиллярные сосуды, идентичные сосудам надкостницы, прорастающие к центру от краев зоны, покрытой пластиной (рис. 6 с).



**Рис. 5.** Макроскопические изменения на 30-е сутки фиксации бедренной кости пластиной:

a – после удаления поверхностных тканей;  
b – после удаления пластины и мягких тканей;  
c – поверхность кости в зоне регенерата с наличием островков хрящевой ткани (стрелки)

**Fig. 5.** Macroscopic changes by day 30 of femoral plate fixation:

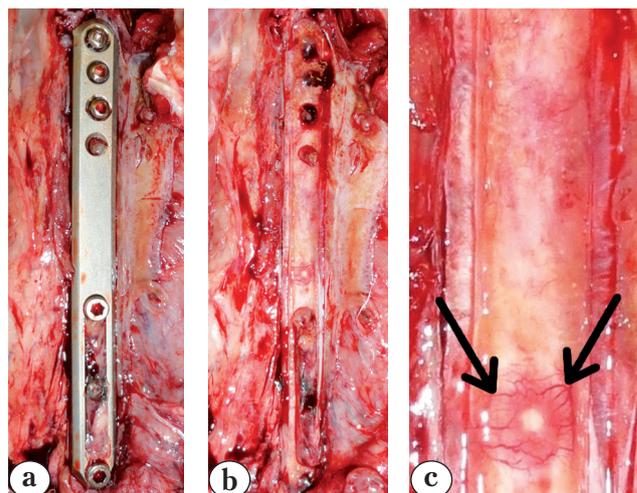
a – after removal of superficial tissues;  
b – after removing the plate and soft tissues;  
c – bone surface condition in the regenerated area with some islands of cartilaginous tissue (arrows)

## Обсуждение

Индекс остеосинтеза при удлинении бедра различными методами варьирует от 30 до 105 дней на 1 см удлинения [2]. Многие комбинированные методики удлинения бедренной кости в целом снижают индекс остеосинтеза [3, 12, 21]. В нашем опыте индекс остеосинтеза у экспериментальных животных при монолокальном удлинении бедра составил  $13,9 \pm 1,5$  дн./см ( $p < 0,05$ ), что значительно ниже ранее полученных в эксперименте результатов [12].

К отрицательным моментам следует отнести необходимость повторных, пусть и несложных, оперативных вмешательств для удаления металлоконструкции. Аппараты внешней фиксации нередко вызывают контрактуру коленного сустава с последующими остео- и хондропатиями. Данная методика создает условия для ранней функциональной нагрузки. Амплитуда движений коленного сустава у экспериментальных животных в течение опыта и к концу эксперимента составляла  $90^\circ$ .

Комбинированный остеосинтез, предполагающий использование спице-стержневого аппарата внешней фиксации и оригинальной накостной пластины при удлинении бедра,



**Рис. 6.** Макроскопические изменения на 90-е сутки фиксации бедренной кости пластиной:

a – после удаления поверхностных тканей;  
b – после удаления пластины;  
c – надкостничная область кости в зоне регенерата, прорастание капиллярных сосудов (стрелки)

**Fig. 6.** Macroscopic changes by day 90 of femoral plate fixation:

a – after removing superficial tissues;  
b – after plate removal;  
c – periosteal bone condition in the regenerated area, ingrowth of capillary vessels (arrows)

уменьшает травмирующий фактор элементов чрескостной наружной фиксации на смежные суставы и мышцы бедра, что позволяет снижать риски атрофии мышц, формирования стойких контрактур суставов, а также восстанавливать функцию поврежденной конечности в более ранние сроки. Конструкция фиксирующей пластины защищает регенерат от переломов в безаппаратном периоде наблюдения при отсутствии его органотипической перестройки. В отличие от интрамедуллярных фиксаторов использование пластины позволяет сохранить эндостальное и периостальное кровоснабжение [10]. Во время эксперимента мы не наблюдали ни одного случая поломки металлоконструкции, винта или их деформации, соответственно дистракционный регенерат также сохранял свою целостность.

Таким образом, удлинение при помощи пластины и аппарата внешней фиксации является альтернативой как классической технологии, так и интрамедуллярной методике. Применение комбинированной технологии подразумевает использование традиционных аппаратов внешней фиксации, имеющих в арсенале большинства ортопедических клиник, и пластины

оригинальной конструкции. Технологические особенности ее изготовления после выполнения необходимых процедур по сертификации не представляют больших трудностей для производителя.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** работа выполнена в рамках государственного задания на 2015–2017 гг.

### Литература / References

1. Колчев О.В., Борзунов Д.Ю. Устранение врожденного укорочения нижней конечности (историческая справка). *Гений ортопедии*. 2010;(2):57-63. Kolchev O.V., Borzunov D.Yu. [Elimination of the lower limb congenital shortening (historical reference)]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2010;(2):57-63. (in Russian).
2. Шаповалов В.М., Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакун Д.А., Капилевич Б.Я. Комбинированный способ восстановления длины бедра и голени при лечении больных с последствиями травм и дефектами развития *Гений ортопедии*. 2010;(1):116-121. Shapovalov V.M., Khominets V.V., Mikhailov S.V., Shakun D.A., Kapilevich B.Ya. [Combined technique of restoring the length of femur and leg when treating patients with injury consequences and developmental defects]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2010;(1):116-121. (in Russian).
3. Степанов М.А., Кононович Н.А., Горбач Е.Н. Репаративная регенерация костной ткани при удлинении конечности методикой комбинированного distraction остеосинтеза. *Гений ортопедии*. 2010;(3): 89-94. Stepanov M.A., Kononovich N.A., Gorbach E.N. [Reparative regeneration of bone tissue when limb lengthening using the technique of combined distraction osteosynthesis]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2010;(3):89-94. (in Russian).
4. Соколовский О.А., Сердюченко С.Н., Бродко Г.А., Урьев Г.А. Уравнивание длины нижних конечностей — исторические ракурсы и современные тенденции. *Медицинские новости*. 2011;(7):11-19. Sokolovskii O.A., Serdyuchenko S.N., Brodtko G.A., Ur'ev G.A. [Equalization of the lower limb length — historical perspectives and current trends]. *Meditsinskie novosti* [Medical News]. 2011;(7):11-19. (in Russian).
5. Шевцов В.И., Шрейнер А.А. Удлинение трубчатых костей у собак с использованием внутрикостного стержня (предварительные результаты). *Гений ортопедии*. 1999;(3):76-78. Shevtsov V.I., Shreiner A.A. [Lengthening of canine tubular bones using an intraosseous rod (preliminary results)]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 1999;(3):76-78. (in Russian).
6. Min W.K., Min B.G., Oh C.W., Song H.R., Oh J.K., Ahn H.S., Park B.C., Kim P.T. Biomechanical advantage of lengthening of the femur with an external fixator over an intramedullary nail. *J Pediatr Orthop*. 2007;16(1):39-43. DOI: 10.1097/01.bpb.0000236221.91453.90.
7. Li Z., Zhang X., Duan L., Chen X. Distraction osteogenesis technique using an intramedullary nail and a monolateral external fixator in the reconstruction of massive postosteomyelitis skeletal defects of the femur. *Can J Surg*. 2009; 52(2):103-111.
8. Gordon J.E., Manske M.C., Lewis T.R., O'Donnell J.C., Schoenecker P.L., Keeler K.A. Femoral lengthening over a pediatric femoral nail: results and complications. *J Pediatr Orthop*. 2013;33(7):730-736. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3182a122a1.
9. Rozbruch S.R., Kleinman D., Fragomen A.T., Ilizarov S. Limb lengthening and then insertion of an intramedullary nail: a case-matched comparison. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(12):2923-2932. DOI: 10.1007/s11999-008-0509-8.
10. Jasiewicz B., Kacki W., Tesiorowski M., Potaczek T. Results of femoral lengthening over an intramedullary nail and external fixator. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 2008;73(3):177-183.
11. Попков Д.А., Ерофеев С.А., Чиркова А.М. Удлинение голени с использованием интрамедуллярного напряженного армирования (экспериментальное исследование). *Гений ортопедии*. 2005;(4):81-89. Popkov D.A., Erofeev S.A., Chirkova A.M. [Leg lengthening using intramedullary stressed reinforcement (an experimental study)]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2005;(4):81-89. (in Russian).
12. Попков А.В., Аранович А.М., Новиков К.И., Чибиров Г.М., Попков Д.А. Комбинированный высоко дробный distraction остеосинтез бедра у детей. *Гений ортопедии*. 2016;(1):140-146. Popkov A.V., Aranovich A.M., Novikov K.I., Chibirov G.M., Popkov D.A. [Combined distraction femoral osteosynthesis of high division in children]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2016;(1):140-146. (in Russian).
13. Harbacheuski R., Fragomen A.T., Rozbruch S.R. Does lengthening and then plating (LAP) shorten duration of external fixation? *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(6):1771-1781. DOI: 10.1007/s11999-011-2178-2.
14. Endo H., Asaumi K., Mitani S., Noda T., Minagawa H., Tetsunaga T., Ozaki T. The minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) technique with a locking compression plate for femoral lengthening. *Acta Med Okayama*. 2008;62(5):333-339.
15. Uysal M., Akpınar S., Cesur N., Hersekli M.A., Tandoğan R.N. Plating after lengthening (PAL): technical notes and preliminary clinical experiences. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007;127(10):889-893. DOI: 10.1007/s00402-007-0442-4.
16. Iobst C.A., Dahl M.T. Limb lengthening with submuscular plate stabilization: a case series and description of the technique. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(5):504-509. DOI: 10.1097/01.bpb.0000279020.96375.88.
17. Oh C.W., Song H.R., Kim J.W., Choi J.W., Min W.K., Park B.C. Limb lengthening with a submuscular locking plate. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(10):1394-1399. DOI: 10.1302/0301-620X.91B10.22325.
18. Oh C.W., Shetty G.M., Song H.R., Kyung H.S., Oh J.K., Min W.K., Lee B.W., Park B.C. Submuscular plating after distraction osteogenesis in children. *J Pediatr Orthop B*. 2008;17(5):265-269. DOI: 10.1097/BPB.0b013e3182830688d8.
19. Kulkarni R., Singh N., Kulkarni G.S., Kulkarni M., Kulkarni S., Kulkarni V. Limb lengthening over plate. *Indian J Orthop*. 2012;46(3):339-345. DOI: 10.4103/0019-5413.96378.
20. Попков Д.А., Попков А.В., Данильченко Г.В., Аборин С.А. Современное состояние проблемы оперативного удлинения бедра (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 1999;(3):105-111.

- Popkov D.A., Popkov A.V., Danil'chenko G.V., Aborin S.A. [The current state of the problem of surgical femoral lengthening (review of the literature)]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 1999;(3):105-111. (in Russian).
21. Paley D., Herzenberg J.E., Paremian G., Bhave A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. *Bone Joint Surg Am.* 1997;79(10):1464-1480.
  22. Hasler C.C., Krieg A.H. Current concepts of leg lengthening. *J Child Orthop.* 2012;6(2):89-104. DOI: 10.1007/s11832-012-0391-5.
  23. Said G.Z., Said H.G., el-Sharkawi M.M. Failed intramedullary nailing of femur: open reduction and plate augmentation with the nail in situ. *Int Orthop.* 2011;35(7):1089-1092. DOI: 10.1007/s00264-010-1192-4.
  24. Fragomen A.T., Rozbruch S.R. The mechanics of external fixation. *HSSJ.* 2007;3(1):13-29. DOI: 10.1007/s11420-006-9025-0.
  25. Kuiken T.A., Butler B.A., Sharkey T., Ivy A.D., Li D., Peabody T.D. Novel intramedullary device for lengthening transfemoral residual limbs. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):53. DOI: 10.1186/s13018-017-0553-8.
  26. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(250):81-104.
  27. Burghardt R.D., Paley D., Specht S.C., Herzenberg J.E. The effect on mechanical axis deviation of femoral lengthening with an intramedullary telescopic nail. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(9):1241-1245. DOI: 10.1302/0301-620X.94B9.28672.
  28. Paley D. PRECICE intramedullary limb lengthening system. *Expert Rev Med Devices.* 2015;12(3):231-249. DOI: 10.1586/17434440.2015.1005604.
  29. Степанов М.А., Шрейнер А.А. Моделирование комбинированного дистракционного остеосинтеза у собак. *Гений ортопедии.* 2001;(2):155-156. Stepanov M.A., Shreiner A.A. [Combined distraction osteosynthesis modeling in dogs]. *Genij ortopedii* [Orthopaedic Genius]. 2001;(2):155-156. (in Russian).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Степанов Михаил Александрович* — канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник экспериментальной лаборатории ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Антонов Николай Иванович* — канд. биол. наук, научный сотрудник экспериментальной лаборатории ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган

*Борзунов Дмитрий Юрьевич* — д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Mikhail A. Stepanov* — Cand. Sci. (Veterinary), Leading Researcher, Experimental Laboratory, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics», Kurgan, Russian Federation

*Nikolay I. Antonov* — Cand. Sci. (Biology), Researcher Experimental Laboratory, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics», Kurgan, Russian Federation

*Dmitry Yu. Borzunov* — Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Science, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics», Kurgan, Russian Federation; Professor of the Traumatology and Orthopedics Chair, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

# Новый способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей с использованием ортопедического гексапода (предварительное сообщение)

Л.Н. Соломин<sup>1,2</sup>, Е.А. Щепкина<sup>1,3</sup>, К.Л. Корчагин<sup>1</sup>, Ф.К. Сабиров<sup>1</sup>, М. Таката<sup>4</sup>, Х. Цучия<sup>5</sup>

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

Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», медицинский факультет 21-я линия В.О., д. 8а, Санкт-Петербург, 199106, Россия

<sup>3</sup> ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России

Ул. Льва Толстого, д. 6-8, Санкт-Петербург, 197022, Россия

<sup>4</sup> *Ishikawa Prefectural Central Hospital, Kanazawa, Japan*

<sup>5</sup> *Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University, Kanazawa, Japan*

## Реферат

Для лечения пациентов с многоуровневыми деформациями, когда имеются противопоказания для одномоментной коррекции, применяют методику чрескостного остеосинтеза, в том числе с использованием ортопедических гексаподов. При этом для каждого уровня деформации используется отдельный ортопедический гексапод. Это ведет к значительному увеличению громоздкости общей компоновки чрескостного аппарата. Расчет коррекции деформации при наличии промежуточного фрагмента(ов) и практическая реализация коррекции являются непростыми задачами.

**Цель исследования** – апробировать в клинике «пружинную» технику коррекции многоуровневых деформаций длинных костей и оценить ее результаты.

**Материал и методы.** Авторами разработана оригинальная методика коррекции многоуровневых деформаций при помощи одного ортопедического гексапода. Для этого страты гексапода фиксируют только к проксимальной и дистальной опорам аппарата, а промежуточную опору (опоры) фиксируют к смежным с ними опорам при помощи эластичных тяг (используется т.н. «пружинная» техника). Новый метод апробирован при лечении 7 пациентов с двух- и трехуровневыми деформациями длинных костей.

**Результаты.** Точность коррекции составила 97,6%. Период фиксации составил в среднем 47 нед. (от 37 до 54 нед.). В двух случаях возникло воспаление мягких тканей в местах выхода чрескостных элементов, купированное приемом антибиотиков. В одном случае у пациента с посттравматической деформацией наблюдалась преждевременная консолидация на одном из уровней, потребовавшая выполнение повторной остеотомии с дальнейшей коррекцией с использованием двух гексаподов.

**Заключение.** Предварительные результаты показали, что применение одновременной коррекции деформаций на нескольких уровнях с помощью одного ортопедического гексапода Орто-СУВ и эластических тяг упрощает расчеты, обеспечивает оптимальные сроки коррекции деформаций при сохранении минимальных габаритов конструкции.

**Ключевые слова:** многоуровневые деформации длинных костей, коррекция деформаций длинных костей, чрескостный остеосинтез, ортопедический гексапод.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-103-109.



Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К., Таката М., Цучия Х. Новый способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей с использованием ортопедического гексапода (предварительное сообщение). *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):103-109. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-103-109.

**Cite as:** Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K., Takata M., Tsuchiya H. [The New Method of Long Bone Multilevel Deformities Correction Using the Orthopedic Hexapod (Preliminary Report)]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):103-109. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-103-109.



Сабиров Фаниль Камилжанович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / *Fanil K. Sabirov*. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation; e-mail: sabirov\_fanil@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 12.08.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 06.09.2017.

# The New Method of Long Bone Multilevel Deformities Correction Using the Orthopedic Hexapod (Preliminary Report)

L.N. Solomin<sup>1,2</sup>, E.A. Shchepkina<sup>1,3</sup>, K.L. Korchagin<sup>1</sup>, F.K. Sabirov<sup>1</sup>, M. Takata<sup>4</sup>, H. Tsuchiya<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Faculty of Medicine  
8a, V.O., 21-ya liniya, St. Petersburg, 199106, Russian Federation

<sup>3</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University  
6-8, ul. L'va Tolstogo, St. Petersburg, 197022, Russian Federation

<sup>4</sup> Ishikawa Prefectural Central Hospital, Kanazawa, Japan

<sup>5</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University, Kanazawa, Japan

## Abstract

For the treatment of patients with multilevel deformities when there are contraindications for an acute single step correction the external fixation should be applied including orthopedic hexapods. At the same time a separate orthopedic hexapod is used for each level of deformity. This leads to a significant bulkiness of the overall frame assembly. Calculation of deformity correction in the presence of an intermediate fragment (fragments) and practical implementation of correction represent by no means a simple task.

*Purpose of the study* – to perform a clinical approbation of “spring” technique for multilevel correction of long bones deformities and to evaluate the results.

*Materials and Methods.* The authors developed an original technique for correcting multilevel deformities using a single orthopedic hexapod. During the procedure the hexapod struts are fixed only to the proximal and distal rings, and the intermediate ring (rings) is fixed to the adjacent supports using the springs – a so-called “spring” technique. The new method has been successfully tested in the treatment of 7 patients with 2 and 3-level deformities of long bones.

*Results.* The reported correction accuracy was 97.6%. The fixation period averaged 47 weeks (from 37 to 54 weeks). In 2 cases the authors observed soft tissues inflammation around of transosseous elements eradicated by the administration of antibiotics. In one patient with post-traumatic deformity a premature consolidation was observed at one of the levels which required re-osteotomy with further correction using two hexapods.

*Conclusion.* Preliminary results demonstrated that the use of simultaneous correction of deformities at several levels applying one orthopedic hexapod Ortho-SUV and springs simplifies correction calculations, provides optimal timing for deformity correction while maintaining the minimal frame dimensions.

**Keywords:** multilevel deformities of long bones, bone deformity correction, external fixation, orthopedic hexapod, “spring” technique.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-103-109.

**Consent for publication:** the patient provided voluntary consent for publication of case data.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Цель коррекции деформации длинных костей может считаться достигнутой, если восстановлены принятые за норму значения референтных линий и углов (РЛУ) [1, 2]. Коррекция сложных (многокомпонентных многоплоскостных) деформаций по Илизарову достаточно эффективна, но при этом необходимо пошагово выполнять частичный перемонтаж аппарата для замены унифицированных репозиционных узлов. Это требует значительных навыков, опыта и времени хирурга, но нередко приводит к снижению точности коррекции [1–4]. Поэтому для устранения сложных многоплоскостных деформаций целесообразно использовать

ортопедические гексаподы, в конструкцию которых включены универсальные репозиционные узлы, позволяющие устранять все компоненты деформации одновременно, перемещая фрагменты по рассчитанной специальной программой «интегральной» траектории [1, 5–8]. При коррекции многоуровневых деформаций аппарат комплектуется отдельным репозиционным узлом для каждого из уровней деформации [7, 9]. Это ведет к увеличению громоздкости общей компоновки чрескостного аппарата, расчет коррекции деформации при наличии промежуточного фрагмента (фрагментов), и практическая реализация коррекции значительно усложняются.

Нами разработан способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей конечностей (приоритетная справка на изобретение от № 2016106422), который основан на «пружинной» технике компоновки одного ортопедического гексапода.

**Цель исследования** — апробировать в клинике «пружинную» технику коррекции многоуровневых деформаций длинных костей и оценить результаты апробации.

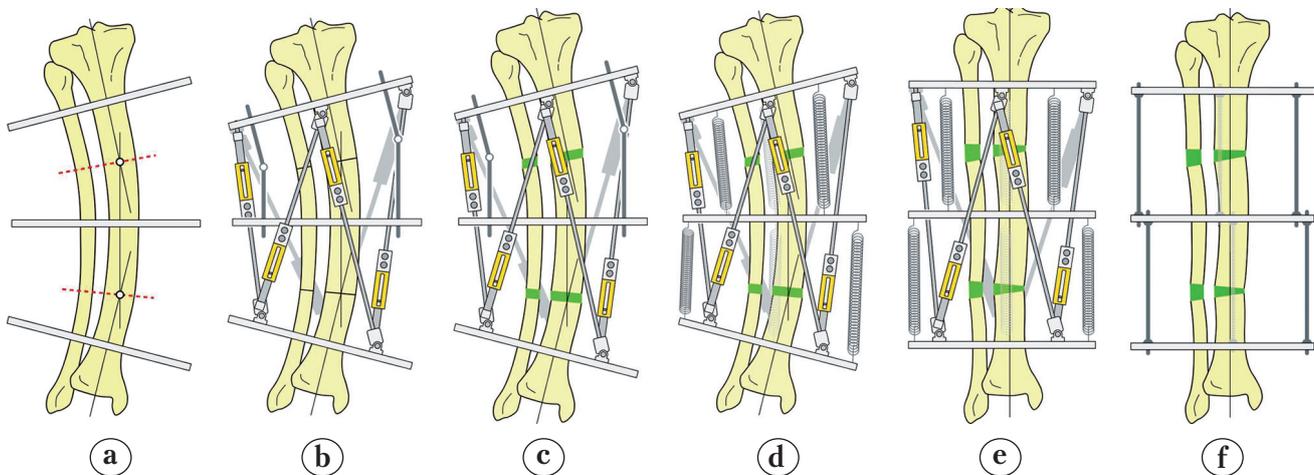
**Материал и методы**

Для реализации способа страты гексапода фиксируют только к проксимальной и дистальной (базовым) опорам аппарата. Промежуточные опоры фиксируют к смежным опорам при помощи эластичных тяг (пружин). При планировании коррекции деформации принимаются во внимание только оси проксимального и дистального фрагментов. Положение промежуточных фрагментов восстанавливается за счет действия пружин автоматически (рис. 1).

В период с апреля 2015 по декабрь 2016 г. в РНИИТО им. Р.Р. Вредена было пролечено

6 пациентов (3 мужчины и 3 женщины) с многоуровневыми деформациями длинных костей (табл.). Протокол исследования был рассмотрен и одобрен на заседании этического комитета. Средний возраст пациентов составил 29 лет (от 21 до 55 лет). В среднем угол между осями проксимального и дистального фрагментов составлял 55° (35–95°). Дополнительное угловое коррекционное удлинение было применено в 4 случаях и составило в среднем 26 мм (от 10 до 50 мм).

Операция начиналась с разметки уровней расположения опор и вершин деформации. Для каждого костного фрагмента использовали одну внешнюю опору с закрепленными в ней чрескостными элементами. Все опоры аппарата соединяли «дистракционными шарнирами» — по три на каждом уровне деформации. На рисунке 1 (b, c) показан вариант компоновки аппарата с использованием гексапода для дистракции на одном уровне и «дистракционных шарниров» — для дистракции на втором уровне. Этот способ использован нами у двух пациентов. Остеотомии на каждом из уровней вершин деформации выполняли из разрезов длиной 10 мм.



**Рис. 1.** Этапы коррекции двухуровневой деформации с использованием «пружинной» техники:

- a – монтированы опоры, пунктиром обозначены уровни остеотомий;
- b – установлен ортопедический гексапод;
- c – выполнена дистракция, достигнут межфрагментарный диастаз на каждом из уровней;
- d – установлены пружины, начата коррекция деформации;
- e – коррекция деформации завершена;
- f – выполнена установка фиксирующих шарниров, ортопедический гексапод и пружины демонтированы

**Fig. 1.** Stages of two level deformity correcting using “spring” technique:

- a – mounting of supports, dotted lines mark levels of osteotomy;
- b – orthopedic hexapod mounted;
- c – completed distraction, secured interfragmentary gaps at each level;
- d – mounted springs, deformity correction started;
- e – completed correction;
- f – fixation articulations installed, orthopedic hexapod and springs dismantled

**Характеристика клинических наблюдений**  
**Clinical observations criteria**

Пациент	Возраст/пол	Диагноз	Сегмент/число остеотомий	Удлинение, мм	Угол между прокс. и дист. фрагментами до коррекции, град.	Угол между прокс. и дист. фрагментами после коррекции, град.	Период коррекции, нед.	Период фиксации, нед.
1	21 / М	Несовершенный остеогенез	Голень / 3	0	82	0	9	54
2	24 / М	Посттравматическая деформация	Голень / 2	0	30	0	6	49
3	27 / М	Фиброзная дисплазия	Бедро / 2	50	61	0	6	52
4	32 / Ж	Фосфат-диабет	Голень / 2	30	13	3	5	54
5	58 / Ж	Посттравматическая деформация	Бедро / 2	0	32	6	5	54
6	25 / Ж	Фосфат-диабет	Бедро / 2	70	17	0	5	37
7	25 / Ж	Фосфат-диабет	Голень / 2	0	11	6	8	41

С 5-х суток после операции начинали дистракцию в темпе 1 мм в сутки за 4 приема на уровне каждой остеотомии. После достижения межфрагментарного диастаза 4–6 мм «дистракционные шарниры» удаляли, а собственно коррекцию деформации выполняли при помощи ортопедического гексапода. Мы использовали модель Орто-СУВ [1, 2, 4]. Страты гексапода фиксировали только к проксимальной и дистальной опорам аппарата. Промежуточное кольцо (кольца – при трехуровневой деформации) фиксировали к смежным с ней опорам при помощи пружин. Использовали пружины со следующими характеристиками: тип – пружины растяжения, диаметр проволоки – 1 мм, диаметр наружного кольца пружины – 11 мм, длина пружины – от 50 до 75 мм. На каждом из уровней использовали по три пружины, располагая их так, чтобы точки их фиксации кольцам формировали равносторонние треугольники.

Расчет коррекции выполняли, используя программу SUV-Software 2.3. При этом принимали во внимание только оси проксимального и дистального костных фрагментов. После завершения коррекции страты вновь меняли на шарнирные соединения, а аппарат стабилизировали до консолидации костных фрагментов. Для оценки точности коррекции принимали во внимание величину угла между осями проксимального и дистального фрагментов. Это в конечном итоге подразумевало, что восстановлены референтные значения проксимальных

и дистальных механических углов, девиации механической оси. Плоскость, в которой была наибольшая угловая деформация принимали за «основную» (см. табл. 1).

### Результаты

В среднем период коррекции составил 6 нед. (4–9 нед.), точность коррекции – 97,6%. После коррекции в 4 случаях угол между проксимальным и дистальным фрагментами составил 0°, в 1 случае – 3°, в двух остальных случаях – 6°. Однако эта остаточная деформация была заранее запланирована в связи с особенностями предстоящей операции эндопротезирования коленного сустава. Период фиксации составил в среднем 47 нед. (от 37 до 54 нед.).

В двух случаях возникло воспаление мягких тканей в местах выхода чрескостных элементов, купированное приемом антибиотиков. В одном случае у пациента с посттравматической деформацией наблюдалась преждевременная консолидация на одном из уровней, потребовавшая выполнение повторной остеотомии с дальнейшей коррекцией с использованием двух гексаподов. Это осложнение возникло на этапе отработки методики, когда переход на «пружинную» технику был осуществлен без достижения необходимого диастаза между костными фрагментами.

Приводим клиническое наблюдение. От пациента получено добровольное информированное согласие на публикацию.

Пациент Я., 21 год, поступил с диагнозом: несовершенный остеогенез, сложная многокомпонентная, многоплоскостная деформация нижних конечностей. Первым этапом было решено устранить трехуровневую деформацию правой голени (рис. 2 а, б). 22.04.2015 года был наложен аппарат внешней фиксации на основе трех колец, которые были соединены «дистракционными шарнирами». Выполнены две остеотомии малоберцовой кости, три остеотомии правой большеберцовой кости (на уровне каждой из вершин деформации) (рис. 2 с, d).

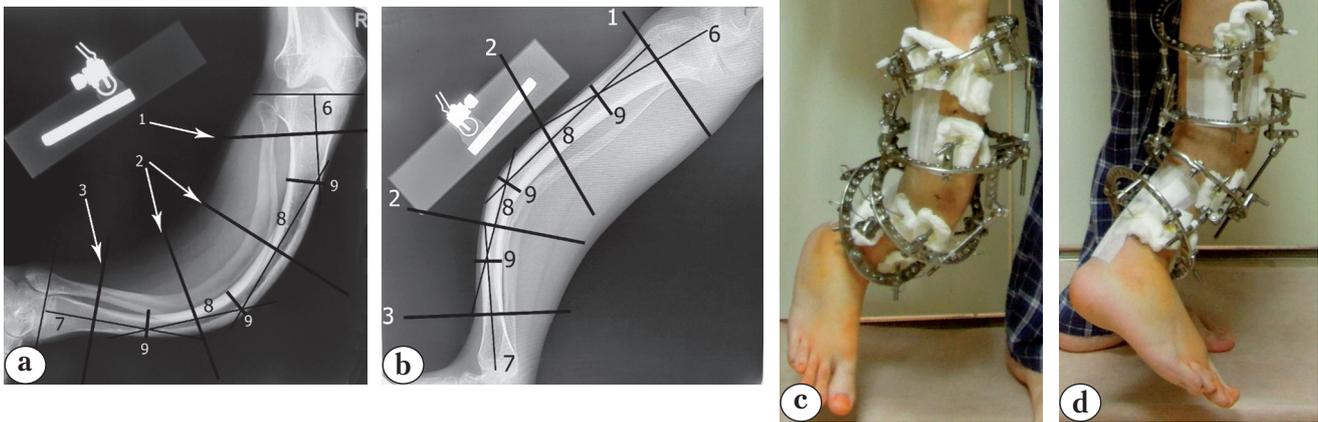
С 5-х суток начата дистракция в темпе 1 мм в сутки на каждом из уровней остеотомии. После достижения межфрагментарного диастаза на 10–12-е сутки были установлены 6 страт гексапода. При этом страты фиксировали только к проксимальной и дистальной опорам, минуя промежуточные. Промежуточные опоры фиксировали к смежным опорам и между собой при помощи пружин (рис. 3 а, б). При расчете в компьютерной программе ортопедического гексапода ось дистального фрагмента совмещали с осью проксимального фрагмента, игнорируя промежуточные фрагменты (рис. 3 с, d). В последующем была выполнена одновременная коррекция деформации на каждом из уровней: правильная ориентация промежуточных фрагментов произошла автоматически (рис. 3 е, f). Период коррекции составил 52 дня.

29.06.2015 г. была выполнена модульная трансформация аппарата: страты и эластические тяги были демонтированы, а кольца соединены шарнира-

ми (рис. 4 а, б). Это позволило уменьшить громоздкость аппарата. Пациент был выписан из клиники на весь период фиксации. 08.07.16 г. после констатации консолидации был выполнен демонтаж аппарата (рис. 4 с, d).

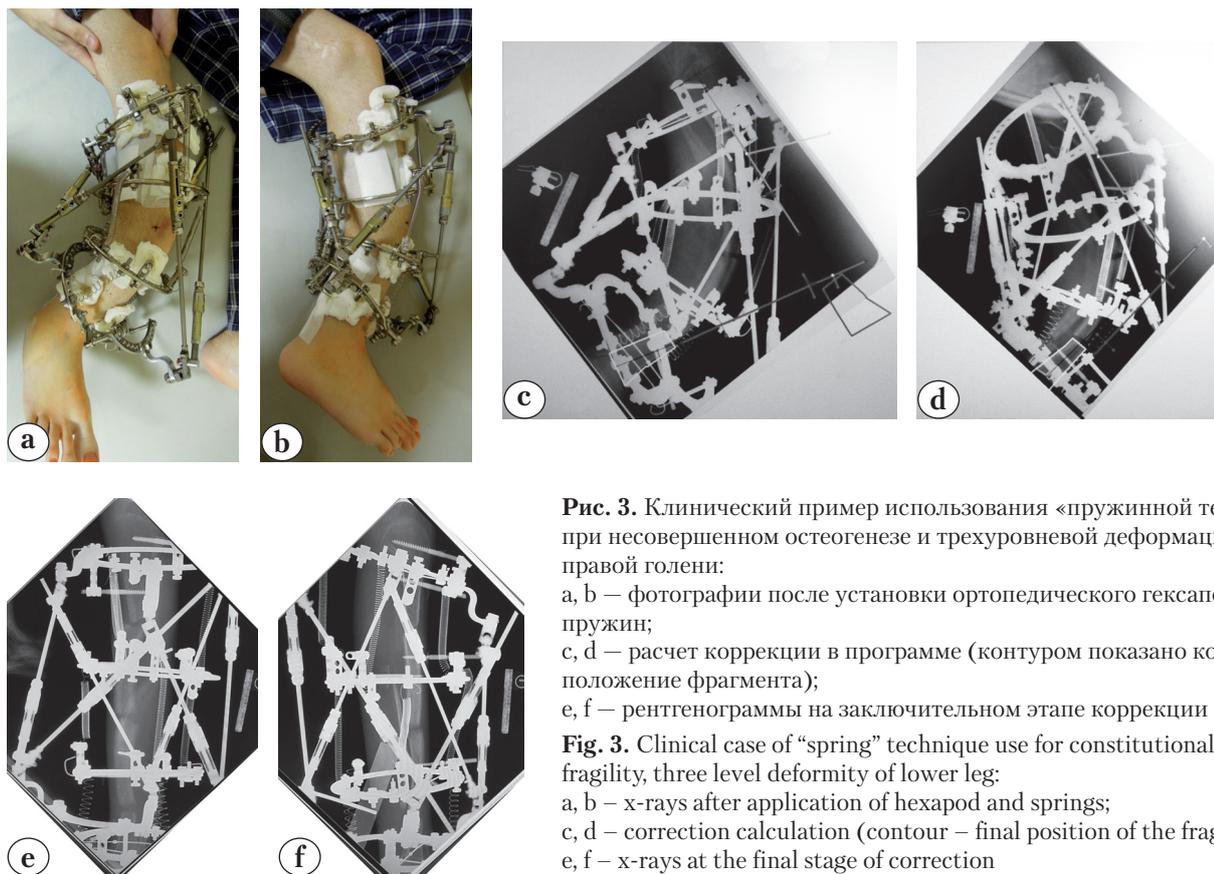
### Обсуждение

На конференции ASAMI Malaysia Congress (2015) доктор из Индии S. Bhole представил доклад, в котором сообщил о попытках использовать один ортопедический гексапод для коррекции многоуровневых деформаций, а именно использовать его поочередно для каждого из уровней деформаций (данные не опубликованы). Однако при этом требуется как минимум два последовательных расчета коррекции деформации, увеличивается время, необходимое для ее полной коррекции. Этих недостатков лишен новый «пружинный» метод. Его положительная апробация выявила ряд вопросов, требующих решения — как организации (уточнение показаний и противопоказаний), так и касающихся самой техники. Необходимо более точно определить время перехода на эластичную фиксацию промежуточного фрагмента (фрагментов), оптимальные технические характеристики пружин, их необходимое количество и точки фиксации. Этому мы планируем посвятить наши следующие исследования.



**Рис. 2.** Клинический пример использования «пружинной техники» при несовершенном остеогенезе и трехуровневой деформации правой голени: а, б — рентгенограммы голени до операции (1, 2, 3 — уровни расположения опор, 6, 7, 8 — анатомические линии фрагментов, 9 — уровни остеотомий); с, d — фотографии после наложения аппарата внешней фиксации

**Fig. 2.** Clinical case of “spring” technique use for constitutional bones fragility, three level deformity of lower leg: а, b — x-rays prior to surgery (1, 2, 3 — levels of support positioning, 6, 7, 8 — anatomical lines of fragments, 9 — osteotomy levels), с, d — images after mounting the external fixator

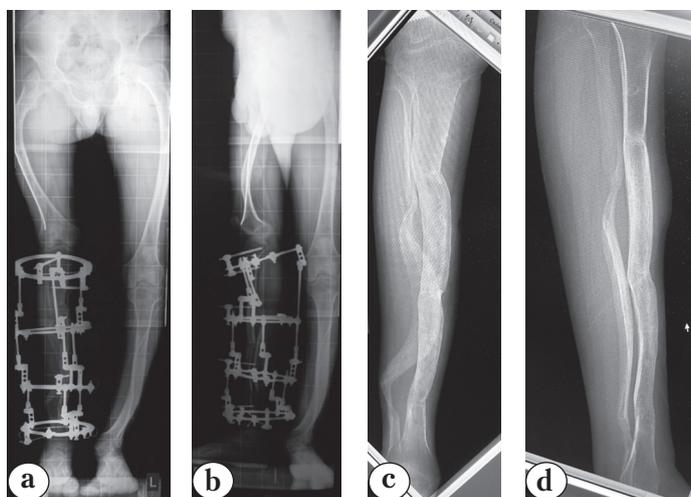


**Рис. 3.** Клинический пример использования «пружинной техники» при несовершенном остеогенезе и трехуровневой деформации правой голени:

a, b – фотографии после установки ортопедического гексапода пружин;  
c, d – расчет коррекции в программе (контуром показано конечное положение фрагмента);  
e, f – рентгенограммы на заключительном этапе коррекции

**Fig. 3.** Clinical case of “spring” technique use for constitutional bones fragility, three level deformity of lower leg:

a, b – x-rays after application of hexapod and springs;  
c, d – correction calculation (contour – final position of the fragment);  
e, f – x-rays at the final stage of correction



**Рис. 4.** Клинический пример использования «пружинной техники» при несовершенном остеогенезе, трехуровневой деформации правой голени:

a, b – гексапод и пружины сняты, установлены фиксационные шарниры;  
c, d – рентгенограммы после снятия АВФ

**Fig. 4.** Clinical case of “spring” technique use for constitutional bones fragility, three level deformity of lower leg:

a, b – hexapod and springs dismantled and fixation articulations installed;  
c, d – x-rays after dismantling of external fixator

### Заклучение

Предварительные результаты показали, что применение одновременной коррекции деформаций на нескольких уровнях с помощью одного ортопедического гексапода Орто-СУВ и эластических тяг упрощает расчеты, обеспечивает оптимальные сроки коррекции деформаций при сохранении минимальных габаритов конструк-

ции. Специфических осложнений, связанных непосредственно с применением Орто-СУВ и «пружинной» техники, на данном этапе не выявлено. Таким образом, использование данной технологии коррекции деформаций на нескольких уровнях показало достаточно высокую эффективность, что дает основания для ее дальнейшего развития и применения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Соломин, Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза. М.: БИНОМ; 2015. Т. 3. Гл. 2. С. 780-847.  
Solomin L.N. Osnovy chreskostnogo osteosinteza [Basic principles of external fixation]. Moscow: BINOM; 2015. Vol. 3. Ch. 2. pp. 780-847. (in Russian).
2. Solomin L.N., Paley D., Shchepkina E.A., Vilensky V.A., Skomoroshko P.V. A comparative study of the correction of femoral deformity between the Ilizarov apparatus and Ortho-SUV Frame. *Int Orthop*. 2014;(38):865-872.  
DOI: 10.1007/s00264-013-2247-0.
3. Dammerer D., Kirsch. Clinical value of the Taylor Spatial Frame: a comparison with the Ilizarov and Orthofix fixators. *J Child Orthop*. 2011;(5):343-349.  
DOI: 10.1007/s11832-011-0361-3.
4. Manner H.M., Huebl M., Radler C., Ganger R., Petje G., Grill F. Accuracy of complex lower-limb deformity correction with external fixation: a comparison of the Taylor Spatial Frame with the Ilizarov ring fixator. *J Child Orthop*. 2007;(1):55-61.  
DOI: 10.1007/s11832-006-0005-1.
5. Мыцыков Р.Ю., Соломин Л.Н., Машталов В.Д., Серебрянников Н.В., Любимов Н.Д. Опыт применения аппарата внешней фиксации со свойствами пассивной компьютерной навигации для лечения больных с деформациями длинных трубчатых костей. *Главный врач Юга России*. 2017;(2):17-21.  
Mytsykov R.Yu, Solomin L.N, Mashtalov V.D. Serebryannikov N.V., Lubimov N.D. [The experience of using an external fixation device with the properties of passive computer navigation for the treatment of patients with deformation of long tubular bones]. *Glavnyi vrach Yuga Rossii* [The Head Doctor of Southern Russia]. 2017;(2):17-21. (in Russian).
6. Eidelman M., Bialik V., Katzman A. Correction of deformities in children using the Taylor spatial frame. *J Pediatr Orthop B*. 2006;15(6):387-395.  
DOI: 10.1097/01.bpb.0000228380.27239.8a.
7. Koren L., Keren Y., Eidelman M. Multiplanar deformities correction using Taylor Spatial Frame in Skeletally immature patients. *Open Orthop J*. 2016;(10):71-79.
8. Paley D. Principles of Deformity Correction. Ed 1. Berlin, Germany: Springer-Verlag; 2002. 806 p.
9. Watanabe K., Tsuchiya H., Sakurakichi K., Matsubara H., Tomita K. Double-level correction with the Taylor Spatial Frame for shepherd's crook deformity in fibrous dysplasia. *J Orthop Sci*. 2007;(12):390-394.  
DOI: 10.1007/s00776-007-1132-3.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*Соломин Леонид Николаевич* — д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры общей хирургии медицинского факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург

*Щепкина Елена Андреевна* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; доцент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

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

*Сабиров Фаниль Камилжанович* — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии и ортопедии ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Таката Мунетомо* — врач Центральной больницы префектуры Ишикава, Япония

*Цучия Хироюки* — врач отделения ортопедической хирургии Высшей школы медицинских наук Университета Каназавы, Каназава, Япония

### INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Leonid N. Solomin* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Functional Group of External Fixation, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Professor of the Surgery Chair, Medical Faculty, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

*Elena A. Shchepkina* — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

*Konstantin L. Korchagin* — Researcher Assistant, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Famil K. Sabirov* — Cand. Sci. (Med.), Junior Lecturer, Department of Traumatology and Orthopedics, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Munetomo Takata* — MD, PhD, Orthopedic Surgeon, Ishikawa Prefectural Central Hospital, Kanazawa, Japan

*Hiroyuki Tsuchiya* — MD, PhD, Orthopedic Surgeon, Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University, Kanazawa, Japan

# Эндопротезирование коленного сустава с применением индивидуальных направителей, созданных с помощью технологий 3D-печати

Н.Н. Карякин<sup>2</sup>, Е.Е. Малышев<sup>1,2</sup>, Р.О. Горбатов<sup>1</sup>,  
Д.К. Ротич<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Минздрава России  
Ул. Верхне-Волжская Набережная, д. 18/1, г. Нижний Новгород, 603155, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России  
Пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Россия

<sup>3</sup> St. Lukes Orthopaedics and Trauma Hospital  
Nandi Road, P.O Box 3705-30100, Eldoret, Kenya

## Реферат

**Цель исследования** — оценить клинико-рентгенологические результаты эндопротезирования коленного сустава с использованием индивидуальных направителей для позиционирования резекционных блоков, созданных с применением физических прототипов и 3D-печати.

**Материал и методы.** За период с 2015 по 2016 г. нами было выполнено 4 операции тотального эндопротезирования коленного сустава по поводу посттравматического гонартроза III–IV стадии. Операции выполнялись с использованием индивидуальных направителей для позиционирования резекционных блоков. Средний возраст пациентов составил  $59 \pm 12$  лет. Изначально у всех пациентов отмечалось выраженное ограничение движений в коленном суставе. Средний объем сгибания до операции составил  $53,3 \pm 35,1^\circ$ . По данным телерентгенографии (FLFS), у всех пациентов имелась варусная деформация нижней конечности со средним значением  $15,0 \pm 12,3^\circ$ .

**Результаты.** Во всех случаях после операции нормализовалась ось нижней конечности. Средний балл по шкале KOOS по признаку «боль» составил  $85,2 \pm 14,0$ ; «ежедневная физическая активность» —  $74,5 \pm 14,8$ ; «симптомы и тугоподвижность» —  $69,0 \pm 11,0$ ; «качество жизни» —  $62,5 \pm 12,5$  баллов. Средний объем движений в коленном суставе после эндопротезирования: сгибание  $113,3 \pm 5,8^\circ$ ; дефицит разгибания отсутствовал. Поскольку у всех пациентов отмечалось выраженное ограничение движений в коленном суставе до операции, результат можно рассматривать как отличный.

**Заключение.** Предоперационное планирование с использованием индивидуальных направителей и прототипирования на физических макетах большеберцовой и бедренной костей позволило добиться нормализации оси нижней конечности у всех пациентов. Показаниями к применению персонифицированных прецизионных направителей могут быть наличие в анамнезе воспалительного процесса или деформации бедренной кости; эндопротез тазобедренного сустава на ипсилатеральной стороне, когда желательно избежать вскрытия костномозгового канала; значительные костные дефекты или массивные остеофиты задних отделов мыщелков бедра; выраженное ограничение движений в коленном суставе.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование коленного сустава, 3D-печать, индивидуальные прецизионные направители.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-110-118.

Карякин Н.Н., Малышев Е.Е., Горбатов Р.О., Ротич Д.К. Эндопротезирование коленного сустава с применением индивидуальных направителей, созданных с помощью технологий 3D-печати. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):110-118. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-110-118.

**Cite as:** Karyakin N.N., Malyshev E.E., Gorbatov R.O., Rotich G.K. [3D Printing Technique for Patient-Specific Instrumentation in Total Knee Arthroplasty]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):110-118. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-110-118.

Малышев Евгений Евгеньевич. Ул. Верхне-Волжская Набережная, д. 18/1, г. Нижний Новгород, 603155, Россия / Evgeny E. Malyshev. 18/1, ul. Verkhne-Volzhskaya Naberezhnaya, Nizhny Novgorod, 603155, Russian Federation; e-mail: eugenemal@yandex.ru

Рукопись поступила/Received: 10.04.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 10.07.2017.

## 3D Printing Technique for Patient-Specific Instrumentation in Total Knee Arthroplasty

N.N. Karyakin<sup>2</sup>, E.E. Malyshev<sup>1, 2</sup>, R.O. Gorbatov<sup>1</sup>, G.K. Rotich<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup>Privolzhsky Federal Medical Research Centre  
18/1, ul. Verkhne-Volzhskaya Naberezhnaya, Nizhny Novgorod, 603155, Russian Federation

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State Medical Academy,  
10/1, pl. Minina i Pozharskogo, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

<sup>3</sup>St. Lukes Orthopaedics and Trauma Hospital  
Nandi Road, P.O Box 3705-30100, Eldoret, Kenya

### Abstract

The aim of the study was to evaluate clinical and radiological outcomes of knee arthroplasty using patient specific guides produced using physical prototypes and 3D printing that are applied for positioning of resection blocks.

**Materials and methods.** The authors analyzed the treatment outcomes of 4 patients during the period from 2015 to 2016 who underwent total knee arthroplasty for posttraumatic gonarthrosis of III-IV stage with the use of patient specific guides for resection blocks positioning. The mean age of patients was 59±12 years. Initially, all patients reported marked limitation of movement in the knee joint. The average flexion prior to surgery was 53.3±35.1°. According to FLFS roentgenography all patients had a varus deformity of the lower limb with an average value of 15.0±12.3°.

**Results.** In all cases the axis of the lower limb was normalized postoperatively. The average KOOS score for “pain” was 85.2±14.0, for “daily physical activity” – 74.5±14.8, for “symptoms and stiffness” – 69.0±11.0, for “quality of life” – 62.5±12.5 points. Average knee ROM after arthroplasty: flexion 113.3±5.787° and full extension. Such outcomes can be considered as excellent considering preoperative marked knee movement limitations in all patients.

**Conclusion.** Preoperative planning using the technology of producing patient specific guides and prototyping on physical tibia and femur models allowed to restore normal axis of the lower limb. The authors observed a significant improvement in joint function and a pain syndrome reduction in all patients. In authors' opinion patient specific precision guides can be used in the following cases: inflammatory process or deformation of the femur in patient's history; when the use of intramedullary guides is difficult and does not allow positioning of the prosthesis components with sufficient accuracy or is associated with an increased risk of a purulent-inflammatory process; ipsilateral hip joint prosthesis when it is desirable to avoid opening the medullary canal; substantial bone defects or massive osteophytes of the posterior portion of femoral condyles that impede correct rotation of the femoral component; severe movement limitations in the knee joint, when it is technically impossible to perform TKA using computer navigation and the use of a standard set of instruments poses significant technical difficulties.

**Keywords:** total knee arthroplasty, 3D printing, patient specific precision guided, osteoarthritis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-110-118.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

### Введение

Остеоартроз коленного сустава III–IV стадии (по классификации Kellgren и Lawrence) проявляется выраженным болевым синдромом, нарушением функции опоры и передвижения нижней конечности, а также значительным снижением качества жизни пациентов. Одним из наиболее эффективных методов его лечения, позволяющим добиться восстановления объема движений и стабильности в пораженном суставе, а также купирования болевого синдрома, является тотальное эндопротезирование [1–4]. Однако наличие костных дефектов, капсулярной адгезии, рубцово-спаечного процесса передних мышц бедра, внесуставных деформаций и посттравматических изменений структуры кости приводит к неудовлетворительным результатам операции [4–7]. Для снижения частоты асептических расшатываний,

достигающих 60%, необходимо точное восстановление оси конечности [8, 9].

Инновационным решением этой проблемы является применение прецизионных персонафицированных направителей (ППН), которые позволяют точно выполнять реконструкцию оси нижней конечности, сокращать время оперативного вмешательства, улучшать клинические результаты, точно определять необходимую ротацию компонентов эндопротеза по сравнению с компьютерной навигацией и стандартными направителями [9–15]. Имеющиеся методики эндопротезирования коленного сустава с использованием ППН включают в себя применение индивидуальных резекционных блоков, создаваемых методом компьютерного моделирования с последующим изготовлением на 3D-принтере. Однако использование только технологий виртуального прототипирования

приводит к снижению во время операции точности позиционирования персонализированных направителей от запланированного и как следствие – увеличению процента расшатываний компонентов эндопротеза, уменьшению количества отличных и хороших результатов оперативного лечения [9, 15–19].

**Цель исследования** – оценить клинико-рентгенологические результаты эндопротезирования коленного сустава с использованием индивидуальных направителей для позиционирования резекционных блоков, созданных с применением физических прототипов и 3D-печати.

### Материал и методы

За период с 2015 по 2016 г. авторами было выполнено 4 операции тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) с использованием индивидуальных направителей для позиционирования резекционных блоков. Средний возраст пациентов составил  $59 \pm 12$  лет. Все пациенты были мужского пола. Во всех случаях выполнено первичное эндопротезирование коленного сустава с использованием имплантатов Zimmer Biomet NexGen по поводу посттравматического гонартроза III–IV стадии (по классификации Kellgren и Lawrence).

Изначально у пациентов отмечалось выраженное ограничение движений в коленном суставе. Средний объем сгибания составлял  $53,3 \pm 35,1^\circ$ , дефицит разгибания –  $15,0 \pm 5,0^\circ$ . Средний балл до операции по шкале KOOS: «боль» –  $44,4 \pm 5,5$ ; «ежедневная физическая активность» –  $43,6 \pm 3,7$ ; «симптомы и тугоподвижность» –  $47,6 \pm 4,0$ ; «качество жизни» –  $4,2 \pm 7,2$ . У всех пациентов, по данным телерентгенографии (FLFS), отмечалась выраженная варусная деформация оси нижней конечности, которая составляла  $15,0 \pm 12,3^\circ$ . Среднее значение до операции анатомического феморо-тибиального угла (АФТУ) –  $183,3 \pm 2,1^\circ$ .

Показанием для выполнения ТЭКС с использованием ППН у первого пациента была деформация бедренной кости в сочетании с выраженной разгибательной контрактурой коленного сустава. Применение интрамедуллярного направителя не обеспечивало бы достаточной точности установки бедренного компонента по оси конечности, а применение компьютерной навигации могло сопровождаться техническими затруднениями. У второго пациента разгибательная контрактура коленного сустава с суммарным объемом движений составляла  $5^\circ$ , что затрудняло выполнение эндопротезирова-

ния не только с использованием компьютерной навигации, но и стандартного инструментария. У третьего пациента в анамнезе были воспалительный процесс и деформация бедренной кости, поэтому применение как стандартного интрамедуллярного направителя для бедра, так и компьютерной навигации сопровождалось бы повышенным риском инфекционных осложнений. У четвертого пациента наблюдалась выраженная разгибательная контрактура коленного сустава и комбинированная контрактура тазобедренного сустава ипсилатеральной стороны после эндопротезирования. Было желательно избежать вскрытия костномозгового канала, а применение компьютерной навигации было технически сложным.

Для создания ППН на первом этапе выполнялось КТ-исследование поврежденной нижней конечности на протяжении от гребня подвздошной кости до таранной кости. Из массива томографических данных с установкой эмпирически по шкале Хаунсфилда уровня отсечки для сохранения только костно-хрящевых структур создавалась трехмерная модель нижней конечности. С использованием методик гибридного параметрического моделирования формировались компьютерные трехмерные модели бедренной и большеберцовой костей, которые производились на FDM\* 3D-принтере.

В нестандартных клинических ситуациях, о которых идет речь в статье, крайне затруднительно контролировать костные резекции интраоперационно во всех плоскостях, поэтому предварительное планирование этапов операции на созданном с помощью 3D-принтера индивидуальном макете, свободном от мягких тканей, позволяет прогнозировать различные варианты отклонений и более достоверно определять костные ориентиры. Именно в этом мы и видим основное рациональное зерно применения этой технологии. Установка во фронтальной плоскости резекционных блоков осуществлялась по общепринятой методике выравнивания оси конечности в соответствии с осью Микулича. Ротационная установка большеберцового компонента также осуществлялась по общепринятой методике ориентации на внутреннюю треть бугристости большеберцовой кости. Установка в сагиттальной плоскости осуществлялась согласно рекомендованному при установке компонента наклону резекции тибиаляного плато, исходя из особенностей клинической ситуации и типа устанавливаемого эндопротеза.

\* FDM (англ. fused deposition modeling) – моделирование методом послойного наплавления.

Так, при сохранении задней крестообразной связки угол наклона резекции увеличили на 2–3°, при установке эндопротеза с замещением задней крестообразной связки угол наклона был минимальным. В задачи предоперационного планирования на данном этапе исследования при ротационной установке бедренного компонента входило только точное определение надмышелков бедренной кости и эпикондиллярной линии, при этом данные отмечались на направителе для установки пинов. Глубина и направление дистальной резекции бедра, а также ориентация направляющих пинов для резекционного блока осуществлялись с использованием стандартного инструментария. Следует отметить, что позиционирование значительно облегчалось благодаря визуализации бедренной кости на всем ее протяжении и всех необходимых для ориентации костных ориентиров.

После этого с применением стандартного инструментария в созданные прототипы костей пациента вводились пины для позиционирования резекционных блоков. Затем выполнялось 3D-сканирование проксимального отдела макета большеберцовой кости и дистальной отдела бедренной кости. С использованием полученных данных, в том числе результатов измерения расположения и направления введения пинов в трехмерном пространстве, выполнялось их позиционирование на компьютерной 3D-модели нижней конечности. Затем создавали с использованием методик гибридного параметрического моделирования индивидуальные направители для ориентации резекционных блоков, которые изготавливались на FDM 3D-принтере. После их стерилизации выполнялось тотальное эндопротезирование коленного сустава через срединный доступ с медиальной парапателлярной артротомией, позиционированием индивидуальных направителей и введением через них пинов, которые в последующем использовались для установки стандартных резекционных блоков. Окончательное решение по ротационной установке бедренного компонента принималось интраоперационно по технике резекции первым этапом большеберцовой кости, дистальной резекции бедра и выравнивания разгибательного промежутка. В дальнейшем ротационная установка бедренного компонента выполнялась с достижением симметричности сгибательного промежутка с учетом баланса связочного аппарата.

3D-печать осуществлялась на FDM 3D-принтерах Makerbot Replicator 2 (США) и Ultimaker 2 Extended Plus (Нидерланды).

Для клинической оценки состояния пациентов после эндопротезирования коленного сустава использовалась международная шкала KOOS. При сумме баллов 85 и более результат оценивался как отличный, от 84 до 70 баллов — как хороший, от 69 до 60 — удовлетворительный, менее 60 — неудовлетворительный.

Клинико-рентгенологическое обследование пациентов проводилось на контрольном осмотре через 6 мес. после операции.

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США).

Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Все пациенты, включенные в исследование, дали письменное информированное согласие.

### Результаты

Суммарная средняя продолжительность всех этапов создания индивидуальных направителей для ориентации резекционных блоков для одного пациента составила  $10 \pm 3$  дня. Она включала в себя среднюю продолжительность компьютерного моделирования —  $5 \pm 2$  ч, 3D-печать —  $6 \pm 2$  дня (общая продолжительность работы 3D-принтера  $48,3 \pm 3,7$  ч), моделирование операции на физическом прототипе —  $0,5 \pm 0,2$  ч.

Средний объем интраоперационной кровопотери составил  $135 \pm 35$  мл. Дренаж во всех случаях был удален на вторые сутки после операции. Средняя периоперационная кровопотеря составила  $225 \pm 65$  мл. Эти данные показывают, что существенных различий в сравнении с традиционным ТЭКС не было. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила  $50 \pm 12$  мин. У всех пациентов после операции отмечалось значительное улучшение функции оперированного коленного сустава и купирование болевого синдрома.

Во всех случаях удалось нормализовать ось нижней конечности. АФТУ после операции составил  $173,3 \pm 3,8^\circ$ , а отклонение от оси конечности, по данным FLFS, составило  $0,7 \pm 0,6^\circ$ . Средний балл по шкале KOOS: «боль» —  $85,2 \pm 14,0$ ; «ежедневная физическая активность» —  $74,5 \pm 14,8$ ; «симптомы и тугоподвижность» —  $69,0 \pm 11,0$ ; «качество жизни» —  $62,50 \pm 12,50$ . Показатель «физическая активность при занятиях спортом» не оценивался, так как пациентам было рекомендовано ограничивать занятия спортом. Средний объем движений в коленном суставе после ТЭКС составил: сгибание  $113,3 \pm 5,8^\circ$ , дефицит разгибания отсутствовал. Учитывая, что у всех пациентов отмечалось выраженное ограничение движений в коленном суставе до операции, результат можно рассматривать как отличный.

*Клинический пример*

Пациент 44 лет с диагнозом: посттравматический гонартроз III стадии слева, варусная деформация левой нижней конечности. Жалобы на выраженные боли в области левого коленного сустава. Анамнез заболевания: после травмы был диагностирован открытый перелом диафиза левой бедренной кости, осложненный остеомиелитом. Лечился по месту жительства, несколько раз выполнялись хирургические санации. Перелом сросся с внесуставной варусной деформацией. Воспалительный процесс был купирован, на протяжении 12 лет рецидивов не отмечалось, но, по данным рентгенологического исследования, имелся очаг хронического остеомиелита в области нижней трети бедра. Постепенно стали появляться боли в левом коленном суставе, прогрессировала варусная деформация.

Объем движений в левом коленном суставе (по нейтральному 0-проходящему методу):  $0^{\circ}/10^{\circ}/90^{\circ}$ . Пациент передвигался с помощью трости. По данным телерентгенограмм диагностирована варусная деформация левой нижней конечности  $29^{\circ}$  с наличием как внутрисуставного, так и внесуставного компонентов (рис. 1).



В связи с наличием у пациента в анамнезе воспалительного процесса и деформации левой бедренной кости применение как стандартного интрамедуллярного направителя для бедра, так и компьютерной навигации привело бы к инвазии в область очага хронического остеомиелита метадиафизарного отдела бедра. Это послужило основанием для применения индивидуальных направителей для позиционирования резекционных блоков.

На первом этапе по данным компьютерной томографии были созданы макеты бедренной и большеберцовой костей пациента, установлены с использованием стандартного инструментария пины для ориентации стандартных резекционных блоков (рис. 2).

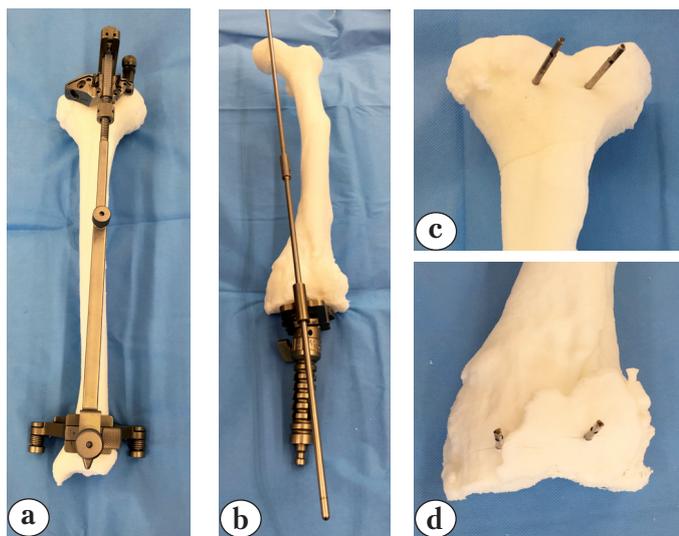
Затем на FDM 3D-принтере были изготовлены индивидуальные направители для ориентации резекционных блоков, с использованием которых выполнено ТЭКС (рис. 3).

Мы использовали эндопротез Zimmer Biomet NexGen с тибиальным компонентом из трабекулярного металла. Потребовался значительный мягкотканый релиз внутреннего отдела коленного сустава с поэтапным переходом от 1-й степени релиза глубокой порции медиальной коллатеральной связки, заднемедиальной капсулы и задней крестообразной связки до релиза 3-й степени поверхностной порции медиальной коллатеральной связки. Уменьшение заднего оффсета бедра потребовалось для создания сбалансированного сгибательного промежутка. Длительность операции составила 50 мин. Объем периоперационной кровопотери — 320 мл. Механическая ось нижней конечности была восстановлена (рис. 4).

При обследовании через 6 мес. пациент жалоб не предъявлял. Объем движений в левом коленном суставе: сгибание —  $110^{\circ}$ , дефицита разгибания не выявлено. Передвигался без дополнительных средств опоры. Оценка по системе KOOS: «боль» — 100, «симптомы и тугоподвижность» — 71, «ежедневная физическая активность» — 77, «качество жизни» — 75. Пациент безболезненно присаживался на корточки без дополнительной поддержки.

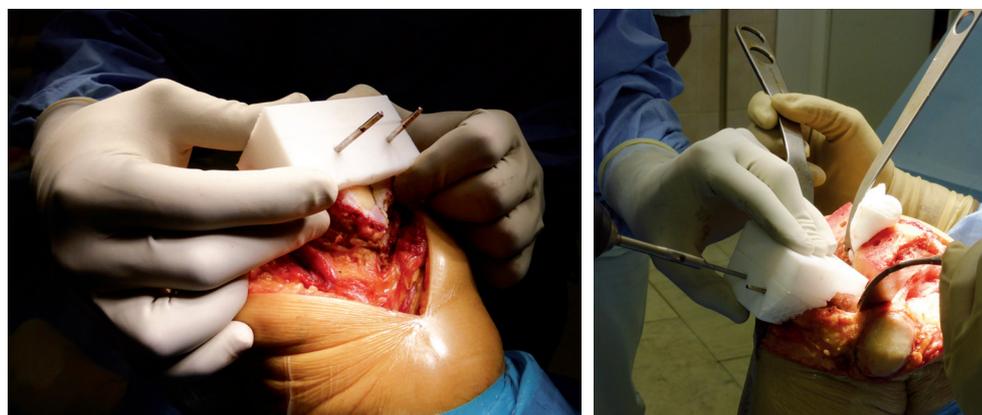
**Рис. 1.** Стандартные рентгенограммы коленного сустава и телерентгенограмма нижних конечностей пациента: варусная деформация левой нижней конечности  $29^{\circ}$  с наличием внутрисуставного и внесуставного компонентов

**Fig. 1.** Standard x-rays of knee joint and teleroentgenogram of the lower limbs: varus  $29^{\circ}$  deformity of the left leg with intra- and extraarticular components



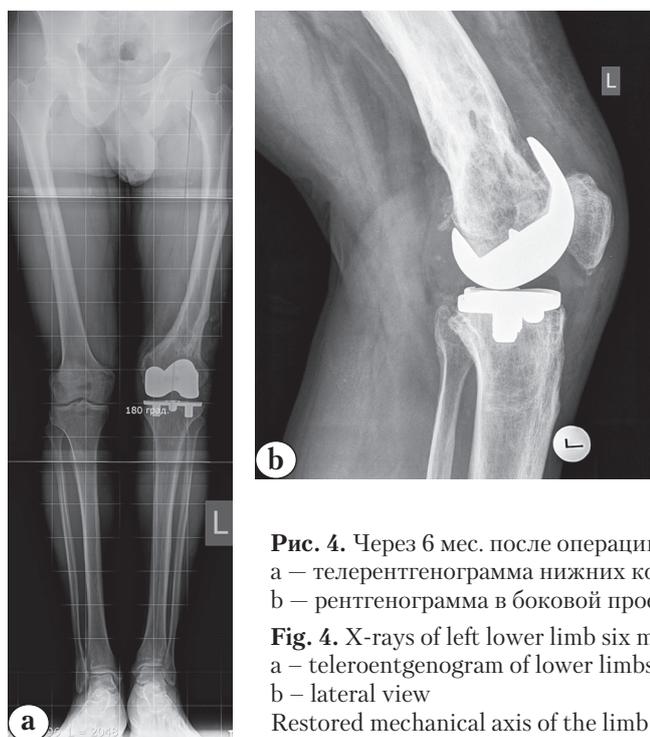
**Рис. 2.** Этапы установки пинов для ориентации резекционных блоков на макетах костей нижней конечности:  
 а — большеберцовой кости с установкой экстрамедулярного направителя;  
 б — бедренной кости с установкой интрамедулярного направителя;  
 с — большеберцовой кости с введенными пинами для ориентации тибияльного резекционного блока;  
 д — бедренной кости с введенными пинами для ориентации феморального резекционного блока

**Fig. 2.** Pin insertion stages for resection blocks positioning on bohe models:  
 a — tibia with extramedullary guide;  
 b — femur with intramedullary guide;  
 c — tibia with inserted pins for positioning of tibial resection block;  
 d — femur with inserted pins for positioning of femoral resection block



**Рис. 3.** Установка индивидуальных направителей для ориентации резекционных блоков

**Fig. 3.** Insertion of patient-specific guides for positioning of resection blocks



**Рис. 4.** Через 6 мес. после операции механическая ось конечности восстановлена:  
 а — телерентгенограмма нижних конечностей;  
 б — рентгенограмма в боковой проекции

**Fig. 4.** X-rays of left lower limb six months postoperatively:  
 a — telerentgenogram of lower limbs;  
 b — lateral view  
 Restored mechanical axis of the limb

## Обсуждение

Создание ППН с применением только технологий виртуального прототипирования приводит к снижению точности позиционирования имплантатов и, соответственно, к увеличению неудовлетворительных клинико-рентгенологических результатов лечения [9, 15–19]. В работе В. Воопен с соавторами представлена информация о 29% случаев отклонений от механической оси нижней конечности (более 3°) во фронтальной плоскости при использовании индивидуальных резекционных блоков, изготовленных на 3D-принтере [16]. В исследовании R.M. Nunley с соавторами представлены данные о неудовлетворительных результатах в виде смещения оси конечности от нормы у 37% пациентов при использовании ППН [15]. Такие же результаты были получены при применении прецизионных персонифицированных направителей, изготавливаемых различными компаниями. Например, при использовании Zimmer PSI для эндопротезирования коленного сустава несоответствие расположения бедренного и большеберцового компонентов эндопротеза более чем на 3° по сравнению с предоперационным планированием диагностировано в 3–17% случаях [20]. Применение направителей GMK Muknee привело в 12,4% случаев к отклонению расположения компонентов эндопротеза более чем на 3° от запланированного [19]. В нашем исследовании у всех пациентов удалось достичь высокой точности позиционирования компонентов эндопротеза в соответствии с запланированным и добиться хороших и отличных результатов лечения.

Нами не обнаружено значительного снижения кровопотери при использовании ППН, как сообщается в исследовании E. Thienpont с соавторами [21]. Такие же результаты были получены P.V. Voleti с соавторами [22]. Мы считаем, что это связано с использованием костной аутопластики для закрытия отверстия в бедренной кости, возникающего при применении интрамедуллярного направителя, что обеспечивает уменьшение кровопотери из костномозгового канала.

Сокращения времени оперативного вмешательства по сравнению с традиционными методиками ТЭКС нами обнаружено не было, что соответствует результатам, представленным в работах R.M. Nunley [15], P.V. Voleti [22] и W.G. Hamilton с соавторами [23].

Использование компьютерной навигации позволяет повысить точность пространственной ориентации компонентов эндопротеза коленного сустава во всех плоскостях [11, 16, 17, 24, 25]. Однако ее применение имеет ряд недостатков, включающих высокую стоимость обо-

рудования и увеличение продолжительности хирургического вмешательства [11, 16, 17]. При ее использовании диагностика анатомических ориентиров и механической оси выполняется интраоперационно (без предварительной КТ, МРТ или ЭОП-контроля во время операции). Поэтому от того, насколько точно хирург определит данные точки, зависит степень соответствия показателей в навигаторе реальной клинической ситуации [25]. В ряде клинических ситуаций применение навигации невозможно, например, при анкилозе тазобедренного сустава или выраженном коксартрозе, поскольку ротация бедра сопровождается смещением таза, из-за чего возникнет погрешность при определении проксимальной точки оси конечности. Выраженная деформация голеностопного сустава также ограничивает возможность ее использования [11, 17, 25]. Ошибки в работе навигационной системы могут быть связаны со смещением фиксируемых к костям датчиков во время операции. Компьютерная навигация не может быть использована при артродезе тазобедренного сустава, деформациях головки бедренной кости, сложных деформациях эпифизов бедренной и большеберцовой костей. Ее применение затруднено у тучных пациентов [16, 17, 25].

Технология выполнения эндопротезирования коленного сустава под контролем компьютерной навигации подразумевает «считывание» костных ориентиров при наличии движений в коленном суставе, что делает ее применение ограниченным при выраженных контрактурах. При этом возможны доступы с дистальным и проксимальным расширением, которые позволяют получить удовлетворительный для применения компьютерной навигации объем движений путем «отключения» разгибательного аппарата расширением [26]. При этом, по нашему мнению, ограничивается потенциал ранней активной мобилизации пациента с полной нагрузкой на оперированную конечность. Поэтому мы стремимся даже при фиброзных анкилозах обходиться без остеотомии бугристости большеберцовой кости, проксимального расширения и т.д. При этом техническая возможность установки эндопротеза достигается мобилизацией сустава и резекцией большеберцовой кости, то есть костная резекция осуществляется в положении разгибания еще до достижения удовлетворительного объема движений для устранения внутрисуставных причин контрактуры. Таким образом, по нашему мнению, одним из показаний к применению ППН является ограниченная возможность использования компьютерной навигации.

## Заключение

Тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием 3D-технологии создания индивидуальных направителей и этапа прототипирования на физических макетах большеберцовой и бедренной костей позволило достигнуть хороших и отличных клинико-рентгенологических результатов. Основным показанием к использованию данной технологии мы считаем наличие технических сложностей при выполнении эндопротезирования коленного сустава как с использованием стандартного инструментария, так и компьютерной навигации.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература / References

- Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Артропластика коленного сустава. СПб., 2012. 228 с.  
Kornilov N.N., Kulyaba T.A. Arthroplastika kolennogo sustava [Knee Arthroplasty]. St. Petersburg; 2012. 228 p. (in Russian).
- Мальшев Е.Е., Павлов Д.В., Блинов С.В. Динамический контроль угловых деформаций в коленном суставе. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(3):136-142.  
Malyshev E.E., Pavlov D.V., Blinov S.V. [Dynamic control of angular deformations in the knee joint]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(3):136-142. (in Russian).
- Soo Hoo N.F., Lieberman J.R., Ko C.Y., Zingmond D.S. Factors predicting complication rates following total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(3):480-485. DOI: 10.2106/00004623-200603000-00003.
- Wu L. D., Xiong Y., Yan S. G., Yang Q. S. Total knee replacement for posttraumatic degenerative arthritis of the knee. *Chin J Traumatol*. 2005;8(4):195-199. DOI: 10.1007/978-1-4612-4310-6\_24.
- Haidekewych G.J., Springer B.D., Jacofsky D.J., Berry D.J. Total knee arthroplasty for salvage of failed internal fixation or nonunion of the distal femur. *J Arthroplasty*. 2005;20(3):344-349.
- Lunebourg A., Parratte S., Ollivier M., Garcia-Parra K., Argenson J. Lower function, quality of life, and survival rate after total knee arthroplasty for posttraumatic arthritis than for primary arthritis. *Acta Orthop*. 2015;86(2):189-194. DOI: 10.3109/17453674.2014.979723.
- Papagelopoulos P.J., Karachalios T., Themistocleous G.S., Papadopoulos E.C., Savvidou O.D., Rand J.A. Total knee arthroplasty in patients with pre-existing fracture deformity. *Orthopedics*. 2007;30(5):373-378. DOI: 10.1016/j.arth.2014.07.007.
- Приходько В.С., Тарбушкин А.А., Прохорова М.Ю., Шилин А.П., Усманов Д.Н., Морозов Д.С. Риски при эндопротезировании крупных суставов у пациентов с ожирением. *Ожирение и метаболизм*. 2015;12(4):52-56.  
Prikhodko V.S., Tarbushkin A.A., Prokhorova M.Yu., Shilin A.P., Usmanov D.N., Morozov D.S. [Risks in arthroplasty of large joints in patients with obesity]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and Metabolism]. 2015;12(4):52-56. (in Russian).
- Sassoon A., Nam D., Nunley R. Systematic review of patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty: new but not improved. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(1):151-158. DOI: 10.1007/s11999-014-3804-6.
- Burnett R.S., Barrack R.L. Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2013;471(1):264-276. DOI: 10.1007/s11999-012-2528-8.
- Confalonieri N., Manzotti A., Pullen C., Ragone V. Computer-assisted technique versus intramedullary and extramedullary alignment systems in total knee replacement: a radiological comparison. *Acta Orthop Belg*. 2005;71(6):703-709.
- Mattei L., Pellegrino P., Calò M. Patient specific instrumentation in total knee arthroplasty: a state of the art. *Ann Transl Med*. 2016;4(7):126. DOI: 10.21037/atm.2016.03.33.
- Pang C.H., Chan W.L., Yen C.H. Comparison of total knee arthroplasty using computer-assisted navigation versus conventional guiding systems: a prospective study. *J Orthop Surg [Hong Kong]*. 2009;17(2):170-173. DOI: 10.1177/230949900901700209.
- Yaffe M., Luo M., Goyal N. Clinical, functional, and radiographic outcomes following total knee arthroplasty with patient-specific instrumentation, computer-assisted surgery, and manual instrumentation: a short-term follow-up study. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2014;9(5):837-844. DOI: 10.1007/s11548-013-0968-6.
- Nunley R.M., Ellison B.S., Ruh E.L. Are patient-specific cutting blocks cost-effective for total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(3):889-894. DOI: 10.1007/s11999-011-2221-3.
- Boonen B., Schotanus M.G., Kort N.P. Preliminary experience with the patient-specific templating total knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2012;83(4):387-393. DOI: 10.3109/17453674.2012.711700.
- Conteduca F., Massai F., Iorio R. Blood loss in computer-assisted mobile bearing total knee arthroplasty. A comparison of computer-assisted surgery with a conventional technique. *Int Orthop*. 2009;33(6):1609-1613. DOI: 10.1007/s00264-008-0651-7.
- Tibesku C.O. Total knee arthroplasty with the use of patient specific instruments: The Visionaire system. *Orthopade*. 2016;45(4):286-293. DOI: 10.1007/978-3-642-29728-1\_3.
- Zambianchi F., Colombelli A., Digennaro V. Assessment of patient-specific instrumentation precision through bone resection measurements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015. [Epub ahead of print]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26704807>. DOI: 10.1007/s00167-015-3949-1.
- Scholes C., Sahni V., Lustig S. Patient-specific instrumentation for total knee arthroplasty does not match the pre-operative plan as assessed by intra-operative computer-assisted navigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(3):660-665. DOI: 10.1007/s00167-013-2670-1.
- Thienpont E., Grosu I., Paternostre F. The use of patient-specific instruments does not reduce blood loss during minimally invasive total knee arthroplasty? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(7):2055-2060. DOI: 10.1007/s00167-014-2952-2.
- Voleti P.B., Hamula M.J., Baldwin K.D. Current data do not support routine use of patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2014;29(9):1709-1712. DOI: 10.1016/j.arth.2014.01.039.
- Hamilton W.G., Parks N.L., Saxena A. Patient-specific instrumentation does not shorten surgical

- time: a prospective, randomized trial. *J Arthroplasty*. 2013;28(8):96-100. DOI: 10.1016/j.arth.2013.04.049.
24. Мурылев В., Музыченков А., Жучков А., Рукин Я., Рубин Г., Лычагин А. Тотальное эндопротезирование коленного сустава при посттравматических деформациях нижних конечностей. *Врач*. 2015;(11):4-7.  
Murylev V., Muzychenkov A., Zhuchkov A., Rukin YA., Rubin G., Lychagin A. [Total knee arthroplasty in posttraumatic deformities of the lower extremities]. *Vrach [The Doctor]*. 2015;(11):4-7. (in Russian).
25. Петухов А.И., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Тихилов Р.М., Селин А.В., Кройтору И.И., Игнатенко В.Л., Сараев А.В., Муранчик Ю.И. Современные взгляды на применение компьютерных навигационных систем при первичном тотальном эндопротезировании коленного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2010;(1):115-123.  
Petukhov A.I., Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Tikhilov R.M., Selin A.V., Kroitoru I.I., Ignatenko V.L., Saraev A.V., Muranchik Y.I. [Contemporary view on computer navigation using at primary knee total replacement (review)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia]*. 2010;(1):115-123. (in Russian).
26. Гиркало М.В., Гаврилов М.А., Бахтеева Н.Х., Воскресенский О.Ю., Коршунова Г.А., Козлов В.В. Эндопротезирование коленного сустава при комбинированной контрактуре. *Саратовский научно-исследовательский журнал*. 2009;5(3):410-414.  
Girkalo M.V., Gavrilov M.A., Bakhteyeva N.Kh., Voskresenskiy O.Yu., Korshunova G.A., Kozlov V.V. [Endoprosthesis of the knee joint with combined contracture]. *Saratovskiy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [Saratov Research Journal]*. 2009;5(3):410-414. (in Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Карякин Николай Николаевич* — д-р мед. наук, и.о. обязанности ректора ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Нижний Новгород

*Мальшев Евгений Евгеньевич* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Нижний Новгород

*Горбатов Роман Олегович* — врач травматолог-ортопед, руководитель лаборатории аддитивных технологий ФГБУ ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Минздрава России, г. Нижний Новгород

*Ротич Джеффри Кипсанг* — врач общей практики St. Luke's Orthopaedics and Trauma Hospital Nandi Road, Kenya; врач ординатор ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Нижний Новгород

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Nikolay N. Karyakin* — Dr. Sci. (Med.), Acting Rector, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation

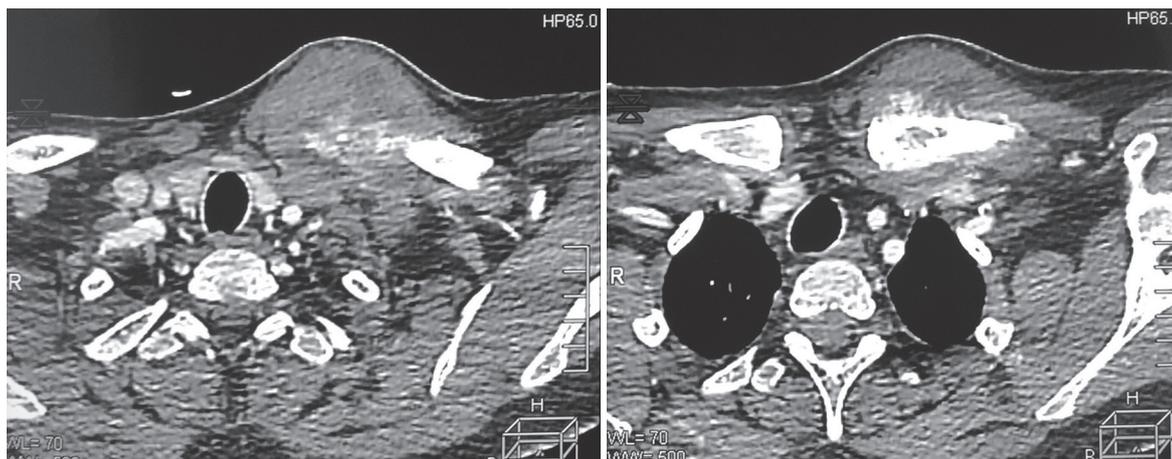
*Evgeny E. Malyshev* — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Field Surgery, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation

*Roman O. Gorbatov* — Head of Laboratory of Additive Technologies, Privolzhsky Federal Research Medical Centre, Nizhny Novgorod, Russian Federation

*Geoffrey Kipsang Rotich* — Medical Practitioner, St. Luke's Orthopaedic and Trauma Hospital Nandi Road, Kenya; Resident Doctor, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation







**Рис. 1.** КТ грудной клетки: новообразование медиального отдела левой ключицы

**Fig. 1.** CT scan of sternum: tumor in the medial section of left clavicle

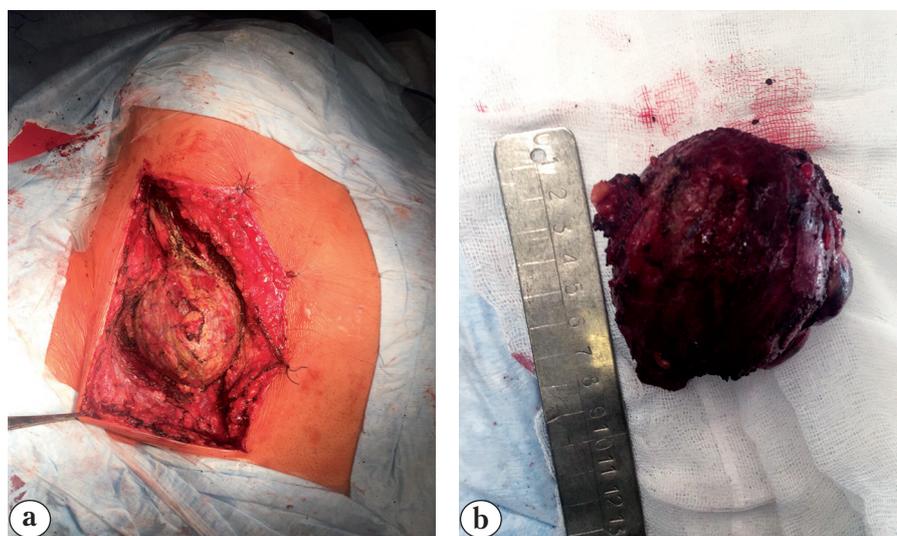
28.09.2016 была выполнена трепанбиопсия новообразования левой ключицы. Гистологическое заключение от 11.10.2016: в межбалочных пространствах костной ткани видны разрастания рыхлой стромы с диффузно расположенными мелкими клетками с округлыми гиперхромными ядрами, единичные очаги скопления крупных округлых клеток с крупными округлыми гиперхромными ядрами, единичные митозы, некрозы в очагах субтотальные. Картина наиболее характерна для метастаза герминогенной опухоли (семиномы) с лечебным патоморфозом.

Был поставлен диагноз: семинома правого яичка pT2N1M1; комбинированное лечение с 2015 г.; метастатическое поражение левой ключицы.

В ноябре 2016 г. была выполнена операция: радикальное удаление новообразования медиального отдела левой ключицы, ее субтотальная резекция, замещение пострезекционного

дефекта костным цементом и накостной диафизарной анатомической пластиной с угловой стабильностью.

*Техника операции.* Под эндотрахеальным наркозом в положении пациента на спине в области левой ключицы в проекции новообразования был выполнен линейный разрез 17 см с иссечением биопсионного рубца. Рассечены кожа, подкожная клетчатка и фасция, визуализировано новообразование медиального конца левой ключицы. Выделен латеральный конец ключицы в пределах здоровой кости. Учитывая данные КТ и рентгенографии, выполнена остеотомия ключицы с отступом от новообразования 2 см. Произведены абластичное выделение опухолевого очага из окружающих тканей и артротомия грудиноключичного сочленения. Новообразование удалено единым блоком с надключичными лимфоузлами (рис. 2).



**Рис. 2.** Абластичное выделение опухолевого очага из окружающих тканей (а); удаленное новообразование единым блоком с надключичными лимфоузлами (б)

**Fig. 2.** Ablastic removal of tumor from surrounding tissues (a); removed tumor with supraclavicular lymph nodes (b)

Затем была выполнена реконструкция кости при помощи блокируемой диафизарной ключичной пластины с фиксацией к латеральному концу ключицы тремя винтами (рис. 3а). На медиальном конце пластины были закреплены лавсановые нити, посредством ручной лепки из костного цемента сформирован медиальный конец ключицы. При помощи лавсановых нитей произведено трансоссальное подшивание грудинного конца ключицы к груди (рис. 3б).

Выделена верхняя порция большой грудной мышцы. Зона реконструкции закрыта сформированным мышечным лоскутом.

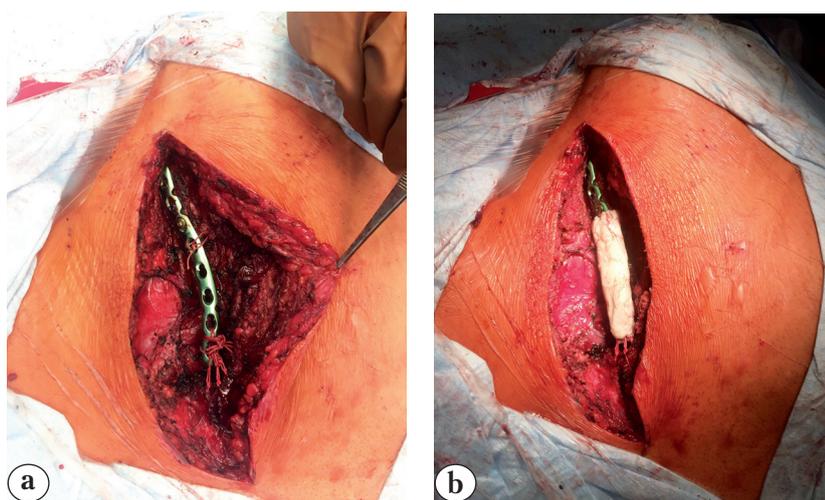
Послеоперационный период протекал без особенностей. Левая верхняя конечность иммобилизована отводящей шиной с углом отведения 20° на срок 6 нед.

Пациент выписан на 7-е сутки после операции. Швы сняты на 14-е сутки. Послеоперационная рана без признаков воспаления, зажила первич-

ным натяжением. На рисунке 4 представлена послеоперационная рентгенограмма.

*Результат гистологического исследования от 12.12.2016.* Опухолевые клетки крупные с крупными ядрами, содержащими ядрышки и глыбчатый хроматин. Между полями опухоли прослойки фиброзной стромы с лимфоидной инфильтрацией. На большом протяжении опухолевая ткань некротизирована, в костной ткани визуализируются очаги замещения полями фиброза с очаговой миксоидной трансформацией. Картина соответствует метастазу герминогенной опухоли с выраженными признаками лечебного патоморфоза с поражением кости и прилежащих мягких тканей (по гистоструктуре наиболее соответствует саркоме). Край резекции R0.

Через месяц после снятия швов пациент пришел на контрольный осмотр. Со слов пациента, отводящая шина была снята через 2 нед. после операции.



**Рис. 3.** Реконструкция кости при помощи блокируемой диафизарной ключичной пластины (а); медиальный конец ключицы сформирован с помощью костного цемента и фиксирован к груди лавсаном (б)

**Fig. 3.** Reconstruction of defect with locking diaphyseal clavicular place (a); medial end of clavicle is formed using bone cement and fixed by lavsan sutures to sternum (b)



**Рис. 4.** Рентгенограмма левой ключицы в прямой проекции в первые сутки после операции

**Fig. 4.** X-ray of left clavicle in AP view on the first day postoperatively

При осмотре зоны оперативного вмешательства в надключичной области выявлены локальная гиперемия и отек площадью 1,5×1,0 см, умеренно болезненное при пальпации. Признаков воспалительной реакции по лабораторным показателям не было. Пациенту был рекомендован прием ципрофлоксацина в дозировке 500 мг 1 раз в сутки в течение 5 дней. После стабилизации состояния пациент проконсультирован химиотерапевтом, рекомендовано выполнение химиотерапевтического лечения.

В период с 20.02.17 по 09.03.17 пациенту был проведен курс полихимиотерапии по схеме ВЕР (блеомицин 90 мг, этопозид 1000 мг, цисплатин 200 мг).

При контрольном осмотре через 3 мес. после операции: послеоперационный рубец без признаков воспаления; функциональный результат лечения по шкале Musculoskeletal Tumour Society (MSTS) — 27 баллов, по шкале NEER — 92 [13, 14].

### Обсуждение

В доступной литературе мы встретили ограниченное количество работ, в которых авторы описывали единичные наблюдения метастатического поражения ключицы, а тактика хирургического лечения определялась лишь личными предпочтениями автора [5–10]. Так, G.M. Mead с соавторами оценили долгосрочный онкологический результат у 2466 пациентов после орхиэктомии и последующего комплексного лечения. Лишь у трех больных было выявлено метастатическое поражение кости [15].

Вот уже более 100 лет наиболее распространенной тактикой хирургического лечения при первичном или метастатическом поражении ключицы является тотальная либо субтотальная клавикулэктомия без дальнейшего замещения дефекта. Данный метод показывает удовлетворительный функциональный результат, и большинство пациентов не испытывают после лечения болевого синдрома [7, 8]. Однако, как показывают долгосрочные наблюдения, постепенно усиливается неравенство в длине и высоте надплечий и, как следствие, развивается лопаточная дискинезия с постепенным снижением функции плечевого сустава [6]. Стоит отметить, что при полном или субтотальном удалении ключицы повышается риск тракционного повреждения плечевого сплетения.

Описанная нами хирургическая методика относится к группе замещения дефектов с использованием синтетических материалов. К ее преимуществам можно отнести доступность; прочность конструкции; возможность моделирования формы имплантата, что обеспечивает

восстановление биомеханики движения в плечевом поясе и контура надплечья; динамическую фиксацию грудинного конца ключицы. Кроме того, данная методика позволяет избежать осложнений, связанных с забором ауто-трансплантата и болевого синдрома.

### Заключение

Субтотальная резекция ключицы с замещением дефекта блокируемой пластиной и пластикой костным цементом может применяться у пациентов молодого возраста при первичном опухолевом или метастатическом поражении ключицы, которые предъявляют высокие требования к функциональному и косметическому результатам.

### Согласие на публикацию

Пациент дал добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Федянин М.Ю., Трякин А.А., Буланов А.А., Файнштейн И.А., Сергеев Ю.С., Матвеев В.Б., Гарин А.М., Тюляндин С.А. Влияние сроков выполнения отсроченной орхифуникулэктомии на выживаемость больных с распространенными герминогенными опухолями яичка. *Злокачественные опухоли*. 2014;(2):3-10. DOI: 10.18027/2224-5057-2014-2-3-10. Fedyanin M.Y., Tryakin A.A., Bulanov A.A., Fainshtein I.A., Sergeev Y.S., Matveev V.B., Garin A.M., Tyulyandin S.A. [The impact of time of performance of delayed orchietomy on survival of patients with advanced germ cell tumors of testicles]. *Zlokachestvennyye opukholi*. [Malignant Tumours]. 2014;(2):3-10. (in Russian). DOI: 10.18027/2224-5057-2014-2-3-10.
2. Albers P., Albrecht W., Algaba F., Bokemeyer C., Cohn-Cedermarck G., Fizazi K., Horwich A., Laguna M.P., Nicolai N., Oldenburg J. Guidelines on Testicular Cancer: 2015 Update. *Eur Urol*. 2015;68(6):1054-1068. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.07.044.
3. Chiba K., Kurozumi A., Sekiyama K., Kaibuchi T., Tobe F., Kikuchi K., Kato M., Kinsui H. A case of solitary bone metastasis of testicular seminoma 6 years post orchietomy. *Hinyokika Kyo*. 2011;57(9):517-520. (in Japanese).
4. Wudhikarn K., Colling C.W., Robinson R.A., Vaena D.A. Solitary Bony Metastasis in Seminoma. *J Clin Oncol*. 2013;31(16):e259-261. DOI: 10.1200/JCO.2012.45.4959.
5. Lewis M.M., Ballet F.L., Kroll P.G., Bloom N. En bloc clavicular resection: operative procedure and postoperative testing of function. Case reports. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;(193):214-220.
6. Rubright J., Kelleher P., Beardsley C., Paller D., Shackford S., Beynon B., Shafritz A. Long-term clinical outcomes, motion, strength, and function after total claviclectomy. *J Shoulder Elbow Surg*. 2014;23(2):236-244. DOI: 10.1016/j.jse.2013.05.011.

7. Wessel R.N., Schaap G.R. Outcome of total claviclectomy in six cases. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007;16(3): 312-315.
8. Wood V.E. The results of total claviclectomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(207):186-190.
9. Cahueque M., Macias D., Moreno G. Reconstruction with non-vascularized fibular autograft after resection of clavicular benign tumor. *J Orthop.* 2015;12(Suppl 2): S255-259.  
DOI: 10.1016/j.jor.2015.10.008.
10. Lenoir H., Williams T., Kerfant N., Robert M., Le Nen D. Free vascularized fibular graft as a salvage procedure for large clavicular defect: a two cases report. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(7):859-863.  
DOI: 10.1016/j.otsr.2013.06.004.
11. Kapoor S., Tiwari A., Kapoor S. Primary tumours and tumorous lesions of clavicle. *Int Orthop.* 2008;32(6): 829-834.
12. Lin B., He Y., Xu Y., Sha M. Outcome of bone defect reconstruction with clavicle bone cement prosthesis after tumor resection: a case series study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:183. DOI: 10.1186/1471-2474-15-183.
13. Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(6):1077-1089.
14. Enneking W.F., Dunham W., Gebhardt M.C., Malawer M., Pritchard D.J. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop.* 1993;(286):241-246.
15. Mead G.M., Fossa S.D., Oliver R.T., Joffe J.K., Huddart R.A., Roberts J.T., Pollock P., Gabe R., Stenning S.P.; MRC/EORTC seminoma trial collaborators. Randomized trials in 2466 patients with stage I seminoma: patterns of relapse and follow-up. *J Natl Cancer Inst.* 2011;103(3):241-249. DOI: 10.1093/jnci/djq525.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*Микайлов Илкин Мугдасович* — лаборант-исследователь отделения нейроортопедии с костной онкологией ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Засульский Филипп Юрьевич* — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения нейроортопедии и костной онкологии ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Григорьев Петр Владимирович* — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед отделения № 18 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Дубровская Мария Владимировна* — клинический ординатор кафедры травматологии и ортопедии ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Ilkin M. Mikailov* — Research Assistant, Department of Bone Tumors, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Philipp Yu. Zasulsky* — Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Bone Tumors, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation, St. Petersburg, Russian Federation

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

*Maria V. Dubrovskaya* — Orthopedic Surgeon, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

# Пенетрация ребром позвоночного канала при сколиозе на почве нейрофиброматоза I типа (клинический случай и обзор литературы)

М.В. Михайловский, В.В. Новиков, А.С. Васюра, В.А. Суздалов

ФГБУ «Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России  
Ул. Фрунзе, д. 17, Новосибирск, 630091, Российская Федерация

## Реферат

**Введение.** Случаи пенетрации ребром позвоночного канала у больных сколиозом на фоне нейрофиброматоза I типа (НФ-I) представлены в литературе весьма скромно, хотя на практике подобная патология встречается довольно часто и не всегда диагностируется.

**Материал.** Мы представляем наблюдение подростка с левосторонним грудным кифосколиозом на почве НФ-I и пенетрацией позвоночного канала головкой ребра с развитием легкого неврологического дефицита.

**Результаты.** В нашей клинике проходил лечение 14-летний подросток с левосторонним грудным кифосколиозом на почве НФ-I (сколиоз 68°, кифоз 65°). Предоперационное КТ-исследование позволило диагностировать протрузию головки XI ребра слева в просвет позвоночного канала без сдавления дурального мешка. Проведено корригирующее вмешательство, включавшее резекцию головки XI ребра. Достигнуты хорошая коррекция обоих компонентов деформации позвоночника и уменьшение нарушений чувствительности.

**Заключение.** Проникновение головки ребра в позвоночный канал встречается при сколиозах на фоне НФ-I. Необходимо тщательно изучать данные лучевых методов исследования, поскольку характер деформации (диспластический) может затруднять выявление этого редкого состояния.

**Ключевые слова:** нейрофиброматоз, сколиоз, головка ребра, пенетрация позвоночного канала.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-125-133.

## Rib Penetration into the Spinal Canal in Cases of Scoliosis in Patients with Neurofibromatosis Type-1 (Case Report and Literature Review)

M.V. Mikhaylovsky, V.V. Novikov, A.S. Vasyura, V.A. Suzdalov

Tsivyan Research Institute of Traumatology and Orthopaedics  
17, ul. Frunze, Novosibirsk, 630091, Russian Federation

## Abstract

**Background.** Rib penetration into the spinal canal in patients with scoliosis secondary to neurofibromatosis type-1 (NF-1) was described in a relatively small number of publications, though it's common in clinical practice and not always diagnosed.

**Materials.** The authors report on an adolescent male with NF-1 left thoracic kyphoscoliosis and rib head protrusion into spinal canal with mild initial neurological deficit.

**Results.** A 14-year-old male patient with NF-1 and 68 degrees left thoracic scoliosis and 65 degrees kyphosis was undergoing treatment at the authors' institution. Preoperative CT scans demonstrated protrusion of the left T11 rib head into the spinal canal on the convexity of the curve, without spinal cord compression. Surgical procedure for resection of the rib head and correction of the spinal deformity was performed which allowed to achieve good deformity correction. The authors also observed almost complete restoration of sensitive functions.

Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Суздалов В.А. Пенетрация ребром позвоночного канала при сколиозе на почве нейрофиброматоза I типа (клинический случай и обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):125-133. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-125-133.

**Cite as:** Mikhaylovsky M.V., Novikov V.V., Vasyura A.S., Suzdalov V.A. [Rib Penetration into the Spinal Canal in Cases of Scoliosis in Patients with neurofibromatosis Type-1 (Case Report and Literature Review)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):125-133. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-125-133.

Михайловский Михаил Витальевич. Ул. Фрунзе, д. 17, Новосибирск, 630091, Россия / Mikhail V. Mikhaylovsky, 17, ul. Frunze, Novosibirsk, 630091, Russian Federation; e-mail: MMihailovsky@niito.ru

Рукопись поступила/Received: 15.03.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 19.05.2017.

**Conclusion.** Rib head protrusion into the spinal canal can occur in cases of spine deformities with NF-1. If present, the imaging findings should be carefully reviewed for appearance of such lesion that may be obscured by the limitations of CT in the context of a dysplastic spinal deformity.

**Keywords:** scoliosis, neurofibromatosis, protrusion of spinal canal.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-125-133.

**Consent for publication:** consent for publication of raw data was obtained from the patient.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

## Введение

Нейрофиброматоз I типа (НФ-1) — многоплановое поражение тканей нейроэктодермального, мезодермального и эндодермального происхождения [1, 2]. Эта патология приводит к развитию многообразных клинических проявлений, в том числе со стороны опорно-двигательного аппарата. Наиболее значительными из них являются деформации позвоночного столба, которые делятся на недистрофические (практически неотличимые от идиопатических сколиозов) и дистрофические, характеризующиеся различными изменениями формы позвонков и ребер. К числу этих изменений относятся: короткая грудная дуга с выраженной апикальной ротацией позвонков, большой кифотический компонент, деформация замыкательных пластинок тел позвонков (scalloping), истончение ребер, увеличение межпозвонковых отверстий, расширение позвоночного канала, веретенообразная деформация поперечных отростков, дефекты корней дужек, паравертебральные нейрофибромы [3]. В ряде работ описано проникновение головки ребра на вершине деформации через межпозвонковое отверстие в позвоночный канал [3–16].

## Материал

Мы представляем собственное клиническое наблюдение и обзор англоязычной литературы, посвященной пенетрации ребром позвоночного канала при НФ-1. Единой точки зрения по вопросу хирургической тактики на сегодняшний день не выработано. В отечественной литературе описания подобных наблюдений мы не нашли.

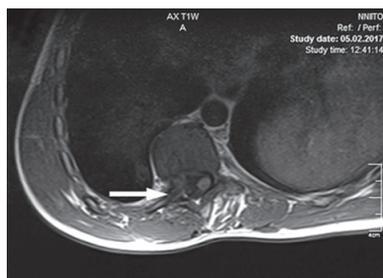
### Клиническое наблюдение

Юноша 13 лет поступил в клинику 02.02.17. На коже имелись множественные пятна цвета кофе с молоком. Позвоночник деформирован с 7 лет. Проведенное консервативное лечение оказалось неэффективным. У матери и сестры диагностирован НФ-1.

**Результаты МРТ.** Сужение субарахноидального пространства справа на вершине деформации, смещение головки ребра на 7,5 мм без компрессии спинного мозга (рис. 1).

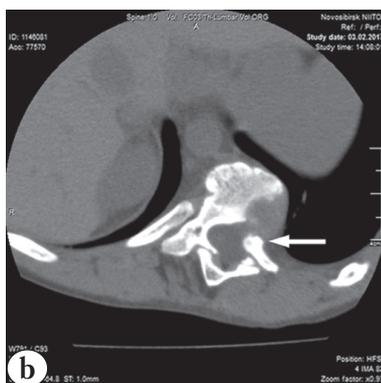
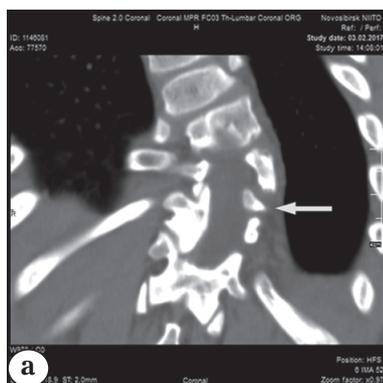
**Денситометрия.** Суммарная минеральная плотность — в пределах допустимой нормы.

**Результаты МСКТ.** Смещение головки XI ребра слева через расширенное межпозвонковое отверстие в левый боковой карман позвоночного канала экстрадурально на 8 мм без компрессии спинного мозга (рис. 2). Левый спинномозговой корешок Th<sub>10-11</sub> проходит в межпозвонковом отверстии над головкой сместившегося ребра.



**Рис. 1.** МР-томограмма грудного отдела позвоночника в аксиальной плоскости на уровне Th<sub>11</sub> позвонка T1-ВИ. Головка XI ребра (стрелка) в позвоночном канале, дуральный мешок со спинным мозгом смещены вправо

**Fig. 1.** MR tomography of thoracic spine in axial plane at the level of Th<sub>11</sub>. XI rib head (arrow) penetrating into the spinal canal, dural canal with spinal cord are displaced to the right



**Рис. 2.** Компьютерные томограммы грудного отдела позвоночника на уровне Th<sub>11</sub> позвонка, мягкотканное окно, головка ребра (стрелка) в просвете позвоночного канала: а — МРР-реконструкция во фронтальной плоскости; б — косая аксиальная плоскость

**Fig. 2.** CT scans of thoracic spine at the level of Th<sub>11</sub>, soft window, rib head (arrow) in the clearance of spinal canal:

а — МРР reconstruction in frontal plane; б — oblique axial plane

Осмотр невролога от 3.02.17. Гипестезия в зоне иннервации L<sub>2</sub> корешка слева.

**Основной диагноз.** Нейрофиброматоз I типа (семейная форма), неосложненный прогрессирующий субкомпенсированный ригидный левосторонний грудной кифосколиоз IV ст. (левосторонний грудной сколиоз 68°, грудной гиперкифоз 65°). Задний левосторонний реберный горб (рис. 3).

**Сопутствующий диагноз.** Дыхательная недостаточность II ст. (по Маловой), синдром вегетативной дисфункции, ангиопатия сетчатки, дислокация зрачка, хронический Нр-позитивный гастрит вне обострения, аномалия хордального аппарата левого желудочка сердца.

**Операция 07.02.17.** Скелетное вытяжение за череп и голени, задняя поперечная вертебротомия Th<sub>7</sub>-Th<sub>8</sub>, Th<sub>8</sub>-Th<sub>9</sub>, резекция головки XI ребра слева, коррекция деформации позвоночника гибридным сегментарным инструментарием Th<sub>3</sub>-L<sub>3</sub>, спондилодез местной аутокостью. Входе операции поднадкостнично выделены головка и шейка XI ребра слева. Ребро резецировано по паравертебральной линии, головка удалена из канала, признаков спаивания ребра с дуральным мешком не выявлено.

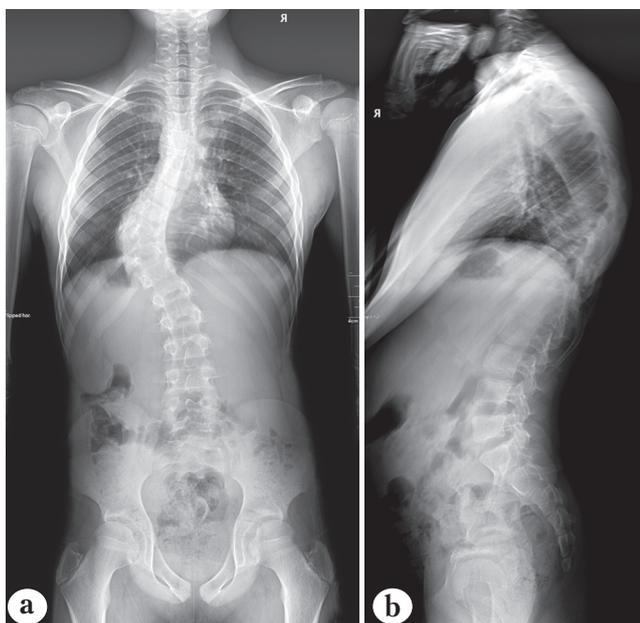
Осмотр невролога от 8.02.17. Улучшение чувствительности в области левого бедра.

**Рентгенография от 15.02.17.** Сколиотическая деформация – 12°, кифотическая – 30° (рис. 4 а, b).

Заживление раны первичным натяжением. Больной начал вставать и ходить на третий день после вмешательства, выписан в удовлетворительном состоянии.

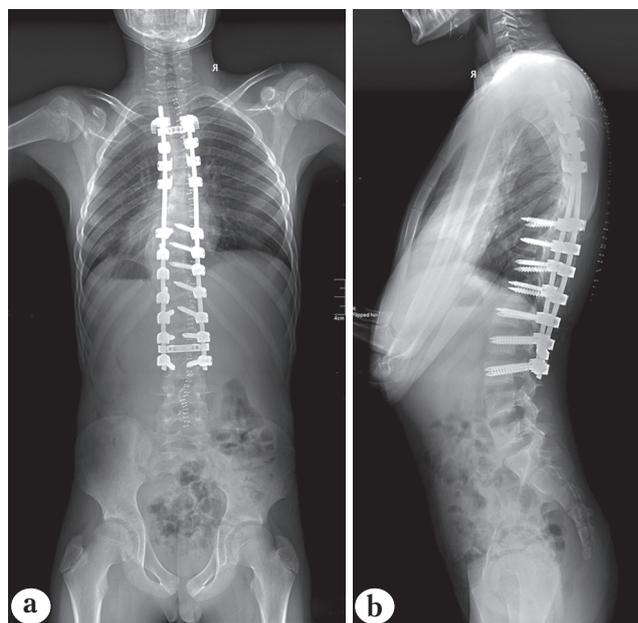
### Обсуждение

Пенетрация ребром позвоночного канала (ПРПК) при НФ-1 не относится к числу животрепещущих проблем оперативной вертебрологии, поэтому количество публикаций, посвященных ее диагностике и соответствующей хирургической тактике, весьма ограничено. В англоязычной литературе после целенаправленного поиска нам удалось обнаружить лишь 14 работ такого рода, содержащих описание 44 клинических наблюдения [3–16]. Изучение пристатейных библиографических списков показывает, что первыми подобный клинический случай описали В.М. Flood с соавторами в 1986 г. [7]. Подавляющее большинство работ содержит упоминание об одном – трех случаях, и только в двух публикациях китайских авторов представлен анализ небольших групп пациентов – 6 и 19 человек соответственно [12, 14]. С целью анализа литературного материала мы сочли целесообразным представить его в виде таблицы.



**Рис. 3.** Телерентгенограмма позвоночного столба в положении стоя до операции:  
а – в прямой проекции, левосторонний грудной сколиоз 68°;  
б – в боковой проекции, грудной гиперкифоз 65°

**Fig. 3.** Telerontgenogram of spinal canal in standing position prior to surgery:  
а – AP view, left side thoracic scoliosis 68°;  
б – lateral view, thoracic hyperkyphosis of 65°



**Рис. 4.** Телерентгенограммы позвоночного столба в положении стоя после операции:  
а – в прямой проекции, левосторонний грудной сколиоз 12°;  
б – в боковой проекции, грудной кифоз 30°

**Fig. 4.** Telerontgenogram of spinal canal in standing position after the surgery:  
а – in AO view, left side thoracic scoliosis 12°;  
б – lateral view, thoracic kyphosis of 30°

Таблица/ Table  
**Клинико-рентгенологическая характеристика пациентов с ПРПК, методы лечения и результаты (по данным литературы)**  
**Clinical and roentgenological features of patients with rib penetration into spinal canal, treatment methods and outcomes**  
**(according to literature)**

Авторы	Кол-во наблюдений	Пол	Возраст	Дуга (сторона, протяженность, вершина, угол Кобба)	Неврологическая симптоматика	Уровень, сторона пенетрирующего ребра (ребер)	Обследование	Оперативное лечение
В.М. Flood с соавт., 1986	1	М	15	Правая (Th <sub>4</sub> -Th <sub>6</sub> ), 80°	Клонусы надколенников и стоп. Полный регресс		КТ-М	ВС, ДС, резекция ребра
М.Р. Major с соавт., 1988	1	Ж	13	Левая грудная Th <sub>9</sub> , 52°	Парапарез — остро, после удара. Полный регресс	Th <sub>9</sub> Сопв.	КТ-М	ВС, ДС, резекция трех ребер
	1	Ж	5	Левая грудная Th <sub>7</sub> , 75°	Исходно — норма	Два на вершине	КТ	ВС, ДС, резекция двух ребер
	1	М	11	Правая верхне-грудная, 29°	Исходно — норма	Th <sub>4</sub>	КТ-М	ДС, резекция ребра
S. V. Kamath с соавт., 1995	1	М	13	Правая нижне-грудная	Исходно — норма	Th <sub>10</sub> Сопв.	МРТ КТ	ВС, Гемиламинэктомия, резекция ребра, ДС
J.N. Dacher с соавт., 1995	1	Ж	10	Правая нижне-грудная Th <sub>4</sub> , 88°	Клонусы стоп, дневное неконтролируемое мочеиспускание Полный регресс	Th <sub>8</sub> Сопс.	КТ-М МРТ	ВС, ДС, резекция ребра
M. Deguchi с соавт., 1995	1	—	—	—	—	—	—	ВС, ДС, ламинэктомия, резекция ребра
K.I. Khoshhal с соавт., 2000	1	М	16	Правая грудная (Th <sub>3</sub> -Th <sub>6</sub> ), 83°	Исходно — норма. Через 6 нед. — нижний спастический парапарез После второй операции — полный регресс	Th <sub>5</sub> Сопв.	МРТ КТ	ДС ( <i>in situ</i> ) Передняя декомпрессия, резекция ребра

Авторы	Кол-во наблюдений	Пол	Возраст	Дуга (сторона, протяженность, вершина, угол Кобба)	Неврологическая симптоматика	Уровень, сторона пенетрирующего ребра (ребер)	Обследование	Оперативное лечение
I.A. Mukhta с соавт., 2005	1	М	10	Правая грудная (Th <sub>4</sub> -Th <sub>12</sub> ), 76°	В положении лежа на правом боку — слабость в левой ноге и боли в пальцах стопы. При попытке резекции ребра — исчезновение сигнала монитора. Полный регресс	Th <sub>9</sub> Сов.	МРТ КТ КТ-М	ВС (резекция ребра, оставлен внутриканальный фрагмент), ДС
A. Gkiokas с соавт., 2006	1	Ж	13	Левая грудная Th <sub>8</sub> 75°	Нарушение ходьбы, двусторонний синдром Бабинского, клonusы стоп, гиперрефлексия в нижних конечностях, нарушения поверхностной чувствительности, парез правой стопы. Полный регресс	Th <sub>8</sub> Сов.	КТ МРТ	ДС, резекция ребра
N. Yalcin с соавт., 2008	1	М	14	Правая грудная	Исходно — норма	Два ребра на вершине дуги	МРТ КТ	ДС, гемиламинотомия, резекция ребер
	1	Ж	12		Исходно — норма	Два ребра Th <sub>10</sub> , Th <sub>11</sub>	КТ	Гемиламинэктомия, ДС, головка ребра вышла из канала
	1	М	6		Исходно — норма	Два ребра Th <sub>10</sub> , Th <sub>11</sub>	КТ	Аннулотомия на 5 уровнях, резекция ребер с оставлением фрагмента в канале, растущие стержни
M. Sarpella с соавт., 2008	1	М	14	Грудной кифосколиоз (кифоз 120°) Th <sub>5</sub> -Th <sub>6</sub>	Слабость в ногах, затруднения при ходьбе. После ДС — полный регресс. После ВС — нижний парализ. После декомпрессии — полный регресс	Th <sub>5</sub>	МРТ КТ	ДС, через 50 дней — ВС. Задняя декомпрессия, резекция ребра

Окончание таблицы/ Table

Авторы	Кол-во наблюдений	Пол	Возраст	Дуга (сторона, протяженность, вершина, угол Кобба)	Неврологическая симптоматика	Уровень, сторона пенетрирующего ребра (ребер)	Обследование	Оперативное лечение
J. Top с соавт., 2010	1	М	14	Левая, 61°	Боли в грудном отделе, легкая гиперрефлексия в нижних конечностях, клonus стоп	Th <sub>4</sub> Сопч.	КТ МРТ	ДС, ламинэктомия, резекция ребра
	1	Ж	11	Правосторонний грудной кифосколиоз, 123°	Исходно — норма	Th <sub>10</sub> Сопч.	КТ МРТ	ВС, ламинэктомия, резекция ребра, ДС
	1	М	11	Правосторонний грудной кифосколиоз, 90°	Исходно — норма	Th <sub>9</sub> Сопч.	КТ МРТ	ВС, ламинэктомия, резекция ребра, ДС
	1	Ж	9	Правая, 60°	Боли в грудном отделе, слабость, гиперрефлексия и клonus правой стопы	Th <sub>6</sub> Сопч.	КТ МРТ	ВС, ДС, резекция ребра
M. Abdullian с соавт., 2011	1	М	14	Левосторонний грудной кифосколиоз, 74°	Исходно — норма	Th <sub>6</sub> Сопч.	КТ МРТ	Гемиламинэктомия, фасетэктомия, резекция ребра Th6. Повторно — резекция ребра Th7. Гало-тракция, ВС, IC
D. Sup с соавт., 2013	6	М — 2 Ж — 4	10–16	В среднем сколиоз — 76,6°, кифоз — 58,8°	Неврологических осложнений не отмечено	После коррекции ребро вышло из канала в среднем на 5,18 см	КТ МРТ	ДС, SPO, деротирующий маневр
S. Mao с соавт., 2015	19	М — 9 Ж — 10	14,2 (8–33)	Кифоз — 68% Сколиоз — левый/правый 1:3,75	Исходно — норма	Сопч. 1 — 12 2 — 6 3 — 1 (всего 27 ребер). Вершина ± 1 уровень — 25.	КТ	ДС с трансляцией и деротацией. Интраканальный отрезок ребра уменьшился почти вдвое

ДС — дорсальный спондилодез, ВС — ventralный спондилодез, SPO — остеотомия Смит-Петерсена; Сопс. — вогнутая сторона дуги; Сопч. — выпуклая сторона дуги; МРТ — магнитно-резонансная томография; КТ — компьютерная томография; КТ-М — компьютерная томография с миеелографией.

Из 44 пациентов юношей было 22, девушек — 21, пол одного пациента не указан [6], то есть различия отсутствуют. Возраст пациентов варьировал от 5 до 16 лет, только в работе S. Мао с соавторами упоминаются 3 пациента в возрасте от 21 до 33 лет [12]. Локализация сколиотической или кифосколиотической дуги практически во всех случаях была грудной, у 27 больных — правосторонней, у 9 — левосторонней, у 6 пациентов сторона искривления не указана [14]. Средняя величина сколиотической дуги в 32 случаях составила  $69,3^\circ$  ( $29-123^\circ$ ), в остальных — не уточнена, величина кифотического компонента (для 19 пациентов) —  $63,5^\circ$  ( $42-76^\circ$ ).

Локализация и количество ребер, пенетрирующих позвоночный канал, также весьма вариабельно. Во всех случаях, кроме одного [5], ребра располагались на выпуклой стороне деформации. Уровень проникновения ребра в канал варьирует от  $Th_4$  до  $Th_{11}$ . Чаще всего в канале оказывалась головка одного ребра, соответствующего вершинному позвонку, но были и иные варианты. M.R. Major с соавторами [11] и N. Yalcin [16] с соавторами описали 4 наблюдения с проникновением в канал двух апикальных ребер в каждом случае. S. Мао с соавторами в группе из 19 пациентов отметили 3 случая смещения в канал головок двух ребер, а у одного больного — трех [12].

Описание дооперационной и/или послеоперационной неврологической симптоматики приведено во всех публикациях, кроме одной [6], и касается в общей сложности 43 пациентов. При поступлении в клинику 29 человек не имели неврологической патологии, еще у 6 указаний на дооперационный статус не было [14]. Таким образом, исходная неврологическая симптоматика выявлена у 8 больных из 37 (21,6%). Сюда относятся: парез стопы, слабость в ногах, клонусы стоп, повышенные рефлексы, нарушения мочеиспускания. В одном случае нижний парапарез развился остро после падения девушки 13 лет и удара о мостовую областью вершины реберного горба [11]. У всех больных с исходной неврологической симптоматикой после оперативного лечения констатирован полный ее регресс.

Три наблюдения требуют более детального описания. K.I. Khoshhal с соавторами выполнили дорсальный спондилодез *in situ* без инструментальной коррекции по поводу верхнегрудного сколиоза (угол Кобба —  $83^\circ$ ) [10]. Слабость в ногах появилась через 6 нед., нарастала спастичность. Через 8 мес. после операции при КТ-исследовании было выявлено проникновение головки ребра в канал. После передней декомпрессии и резекции головки ребра

был достигнут регресс симптоматики до легкой гиперрефлексии.

I.A. Mukhtar с соавторами диагностировали пенетрацию канала ребром на уровне  $Th_9$  у 10-летнего мальчика и планировали резекцию дорсальной трети ребра из вентрального доступа [13]. При попытке удаления фрагмента ребра было отмечено исчезновение сигнала на экране спинального монитора. Ребро, которое оказалось подпаянным к дуральной оболочке, было резецировано на протяжении 5 см, а интраканальный фрагмент был оставлен в расчете на дальнейшую его резорбцию, которая наблюдается при взрывных переломах тела позвонка. После пробуждения пациент был неврологически интактен.

M. Cappella с соавторами оперировали 14-летнего мальчика с тяжелым грудным кифосколиозом, сопровождающимся слабостью в ногах и прогрессирующими затруднениями при ходьбе. МР-исследование показало сдавление спинного мозга на уровне  $Th_5-Th_6$  без признаков наличия внутриканальных образований [3]. Первый этап лечения — инструментальная коррекция и костная пластика на протяжении  $Th_1-L_1$ . В течение 2 мес. отмечен полный регресс неврологической симптоматики. Через 50 дней после первого этапа был выполнен вентральный спондилодез из торакотомического доступа. Через 10 дней появилась слабость в ногах, быстро развился нижний парапарез. Проведенное в срочном порядке КТ-исследование показало сдавление дурального мешка головкой ребра. Дорсальная декомпрессия и удаление фрагмента ребра привели к полному выздоровлению.

Коллективный опыт авторов обсуждаемых публикаций свидетельствует, что в большинстве случаев диагностика ПРПК строится на применении КТ и МР-исследований. Есть и иной подход — ряд авторов предпочитают ограничиваться МРТ [7, 11, 12, 16]. Косвенным признаком, указывающим на возможность проникновения головки ребра в канал, может служить описанный A. Gkiokas с соавторами симптом «болезненного реберного горба» — появление болей при ручном давлении на ребро, соответствующее апикальному позвонку сколиотической дуги [8].

Хирургическая тактика при обсуждаемом патологическом состоянии неоднозначна. Большинство авторов предпочитают сочетание вентрального и дорсального доступов — вентральный спондилодез, дорсальная инструментальная коррекция и спондилодез, резекция смещенного в канал ребра [3–10, 11, 13, 15, 16]. Часть из них выполняет резекцию ребра из дорсального доступа с ламинэктомией на соответствующем уровне, позволяющей визуально

контролировать устранение патологической ситуации [4, 6, 9, 15, 16]. В одном из описанных N. Yalcin с соавторами случаев операция была выполнена только из вентрального доступа: 6-летнему мальчику после аннулотомии на пяти уровнях имплантированы растущие стержни [16]. Две наиболее поздние работы содержат описание 25 наблюдений из китайских клиник [12, 14]. Все больные были оперированы только из заднего доступа, использован современный сегментарный инструментарий с деротационным маневром на выпуклой стороне и трансляционным — на вогнутой стороне деформации без резекции смещенных ребер. Авторы констатировали во всех случаях «выход» ребра из канала, причем в среднем он составил 5,18 см [14]. D. Sun с соавторами удалось исправить сколиотический компонент деформации с 77 до 40°, кифотический — с 59 до 25° [14]. S. Мао с соавторами уменьшили сколиотическую деформацию с 67 до 35°, кифотическую — с 60 до 35° [12].

Обобщая приведенные в таблице литературные данные, мы пришли к следующим заключениям. Судя по известным англоязычным публикациям, ПРПК — достаточно редкая клиническая ситуация, не сулящая хирургу особых проблем. Возраст диагностирования и пол пациента не являются факторами риска развития ПРПК. Вершина сколиотической или кифосколиотической деформации может изменяться от  $Th_4$  до  $Th_{11}$ , а величина как сколиотического, так и кифотического компонентов ее может достигать весьма значительных величин. Исходная неврологическая симптоматика выявляется менее чем у четверти больных и не коррелирует с величиной дуги по Коббу. ПРПК может иметь место на двух и даже трех уровнях у одного пациента, причем это всегда происходит на вершине деформации и (за единственным исключением) на выпуклой ее стороне.

Морфологические изменения связочного аппарата, при которых может развиваться ПРПК, ни в одной из работ не описаны.

В нашем случае отмечалась подвижность головки смещенного ребра, свидетельствующая о практически полном разрушении реберно-теловой связки и частичном разрушении реберно-поперечной связки на соответствующем уровне.

Подавляющее большинство публикаций содержит описание 1–3 случаев. Однако в работе S. Мао с соавторами [12] упоминается частота развития ПРПК, и эти данные наводят на определенные размышления. Авторы представили в статье 19 из имевшихся в их распоряжении 23 случаев ПРПК. Всего они наблюдали 145

пациентов с деформациями позвоночника на почве НФ-1. Следовательно, частота ПРПК составляет 15,9%. Значит ли это, что ПРПК встречается чаще, чем мы полагаем, что казуистические наблюдения — лишь часть значительно большего объема? Если это так, то мы в своей практике (66 больных с деформациями позвоночника на почве НФ-1 за 20 лет) должны были столкнуться с такой ситуацией минимум 10 раз. Почему этого не произошло и, вероятно, не происходит в других узкоспециализированных вертебрологических клиниках? По мнению большинства авторов, оптимальное обследование, позволяющее с высокой степенью достоверности выявить наличие ПРПК, должно включать МРТ и КТ-исследования. Сеем полагать, что включить оба исследования в стандартный план предоперационного обследования — не реально. Причины — значительная доза ионизирующего облучения и высокая стоимость. В нашей клинике МР-исследование проводится каждому больному вне зависимости от этиологии деформации позвоночника. В данном наблюдении КТ была осуществлена после МРТ с целью уточнения диагноза. Может быть, оба обследования должны иметь место в каждом случае нейрофиброматоза-1 (не более 2% от общего числа больных с деформациями позвоночника, по нашим данным)? Так или иначе, это дает повод задуматься.

Еще один вопрос возникает при обсуждении хирургической тактики. Авторы, располагающие наибольшим клиническим материалом (19 случаев из 44 опубликованных), при оперативном лечении не делали попыток удаления головки смещенного ребра из просвета позвоночного канала [12, 14]. Используя современный сегментарный инструментарий, они дополнили вмешательство дорсальной вертебротомией и путем деротирующего и транслирующего маневров добились значительной трехмерной коррекции сколиотической деформации [12]. Во всех 25 случаях смещенное ребро в значительной мере вышло из просвета позвоночного канала, резекция его не производилась. В таком случае, возможно, подобное «самоизвлечение» сопровождает все или почти все случаи ПРПК, в том числе недиагностированные? Однако в двух публикациях описано развитие тяжелых неврологических осложнений именно при недиагностированных ПРПК, к счастью, полностью разрешившихся после повторных вмешательств [3, 10]. Еще один неприятный момент — сращение головки ребра с дуральной оболочкой [13]. В подобной ситуации выход головки ребра из канала может не произойти или повлечь весьма нежелательные последствия.

## Заключение

Пенетрация ребром позвоночного канала при сколиозе на почве НФ-1 — редко описываемая, но реально существующая проблема. Достоверная диагностика требует включения в протокол обследования КТ и МРТ, иначе возможны тяжелые осложнения. Диагностированная ПРПК в большинстве случаев не требует резекции головки ребра и устраняется в ходе трехмерной коррекции деформации позвоночника.

## Согласие на публикацию

Пациент дал добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература / References

- Crawford A.H., Parikh S., Schorry E., Von Stein D. The immature spine in type-I neurofibromatosis. *J Bone Joint Surg.* 2007;89-A(Suppl. 1):123-142. DOI: 10.2106/JBJS.F.00836.
- Kim H.W., Weinstein S. Spine update. The management of scoliosis in neurofibromatosis. *Spine.* 1997;22(23): 2770-2776.
- Cappella M., Bettini N., Dema E., Girardo M., Cervellati S. Late post-operative paraparesis after rib penetration of the spinal canal in a patient with neurofibromatous scoliosis. *J Orthopaed Traumatol.* 2008;9(3):163-166. DOI: 10.1007/s10195-008-0010-x.
- Abdulian M., Liu R., Son-Hing J., Thompson G., Armstrong D. Double rib penetration of the spinal canal in a patient with neurofibromatosis. *J Pediatr Orthop.* 2011;31(1):6-10. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3182032029.
- Dacher J.N., Zakine S., Monroc M., Eurin D., Lechevalier J., Le Dosseur P. Rib displacement threatening the spinal cord in a scoliotic child with neurofibromatosis. *Pediatric Radiology.* 1995;25:58-59. DOI: 10.1007/BF02020851.
- Deguchi M., Kawakami N., Saito H., Arao K., Mimatsu K., Iwata H. Paraparesis after rib penetration of the spinal canal in neurofibromatous scoliosis. *J Spinal Disord.* 1995;8(5):363-367.
- Flood B.M., Butt W.P., Dickson R.A. Rib penetration of the intervertebral foraminae in neurofibromatosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1986;11(2):172-174.
- Gkiokas A., Hadzimichalis S., Vasiliadis E., Katsalouli M., Kannas G. Painful rib hump: a new clinical sign for detecting intraspinal rib displacement in scoliosis due to neurofibromatosis. *Scoliosis.* 2006;1:10.
- Kamath S.V., Kleinman P.K., Ragland R.L., Tenreiro-Picon O.R., Knorr J.R., Davidson R.I., Shelton Y.A. Intraspinal dislocation of the rib in neurofibromatosis: a case report. *Pediatr Radiol.* 1995;25(7):538-539.
- Khoshhal K.I., Ellis R.D. Paraparesis after posterior spinal fusion in neurofibromatosis secondary to rib displacement: case report and literature review. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(6):799-801.
- Major M.R., Huizenga B.A. Spinal cord compression by displaced ribs in neurofibromatosis. A report of three cases. *J Bone Joint Surgery.* 1988;70-A(7):1100-1102.
- Mao S., Shi B., Wang S., Zhu C., Zhu Z., Qian B., Zhu F., Sun X., Liu Z., Qiu Y. Migration of the penetrated rib head following deformity correction surgery without rib head excision in dystrophic scoliosis secondary to type 1 Neurofibromatosis. *Eur Spine J.* 2015;24(7):1502-1509. DOI: 10.1007/s00586-014-3741-9.
- Mukhtar I.A., Letts M., Kontio K. Spinal cord impingement by a displaced rib in scoliosis due to neurofibromatosis. *J Can Chir.* 2005;48(5):414-415.
- Sun D., Dai F., Liu Y., Xu J.-Zh. Posterior-only spinal fusion without rib head resection for treating type 1 neurofibromatosis with intracanal rib head dislocation. *Clinics (Sao Paulo).* 2013;68(12):1521-1527. DOI: 10.6061/clinics/2013(12)08.
- Ton J., Stein-Wexler R., Yen P., Gupta M. Rib head protrusion into the central canal in type 1 neurofibromatosis. *Pediatr Radiol.* 2010;40(12):1902-1909. DOI: 10.1007/s00247-010-1789-1.
- Yalcin N., Bar-on E., Yazici M. Impingement of spinal cord by dislocated rib in dystrophic scoliosis secondary to neurofibromatosis Type 1. Radiologic signs and management strategies. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33(23):E881-E886. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318184efad.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Михайловский Михаил Витальевич* — д-р мед. наук, профессор, заведующий отделом хирургии позвоночника детей и подростков ФГБУ «Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

*Новиков Вячеслав Викторович* — д-р мед. наук, старший научный сотрудник отдела хирургии позвоночника детей и подростков ФГБУ «Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

*Васюра Александр Сергеевич* — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела хирургии позвоночника детей и подростков ФГБУ «Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

*Суддалов Василий Александрович* — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела хирургии позвоночника детей и подростков ФГБУ «Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Mikhail V. Mikhaylovsky* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Spinal Surgery Department for Children and Adolescents, Tsivyan Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russian Federation

*Vyacheslav V. Novikov* — Dr. Sci. (Med.), Senior Scientific Researcher Spinal Surgery Department for Children and Adolescents, Tsivyan Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russian Federation

*Alexander S. Vasyura* — Cand. Sci. (Med.), Senior Scientific Researcher Spinal Surgery Department for Children and Adolescents, Tsivyan Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russian Federation

*Vasily A. Suzdalov* — Cand. Sci. (Med.), Scientific Researcher Spinal Surgery Department for Children and Adolescents, Tsivyan Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russian Federation

# Современные способы обработки и стерилизации аллогенных костных тканей (обзор литературы)

К.А. Воробьев, С.А. Божкова, Р.М. Тихилов, А.Ж. Черный

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

## Реферат

В мировой клинической практике использование биоматериалов на основе костной ткани при реконструктивно-пластических операциях становится все более распространенной процедурой. Аллогенные костнопластические материалы являются основной заменой аутокости и лучшей альтернативой любому синтетическому костнозамещающему материалу. Методы, используемые для хранения, обработки и стерилизации материалов на основе костной ткани, с течением времени совершенствуются и претерпевают изменения. Главными задачами исследователей остаются исключение инфицирования и создание материала, сохраняющего биологические свойства кости. В обзоре литературы описаны основные методы, используемые для хранения, обработки и стерилизации биотканей и условия, необходимые для создания безопасных аллогенных костнопластических материалов, обладающих остеоиндуктивными, остеокондуктивными, остеогенными свойствами.

**Ключевые слова:** стерилизация костных трансплантатов, аллогенные костнопластические материалы, остеокондукция, остеоиндукция, остеогенность.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-134-147.

## Current Methods of Processing and Sterilization of Bone Allografts (Review of Literature)

K.A. Vorobyov, S.A. Bozhkova, R.M. Tikhilov, A.Zh. Cherny

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation

## Abstract

Currently, the use of bone allografts for reconstructive orthopedic surgery in clinical practice around the world is becoming a common procedure. Bone allografts are the first substitute material to the autologous bone and the best alternative to any artificial substituting material. The methods used for the preservation, processing and sterilization of bone are changing and evolving with time. The main goals remain the same including exclusion of infections and creation of the material with sustained properties of the normal bone.

The present review reflects the essential methods for biological tissue processing, sterilization and preservation with the analysis of the key requirements for manufacturing of safe allogeneic osteoplastic materials with osteoinductive, osteoconductive and osteogenic properties.

**Keywords:** sterilization of bone grafts, bone allograft-based substitutes, osteoinduction, osteoconduction, osteogenic.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-134-147.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

Воробьев К.А., Божкова С.А., Тихилов Р.М., Черный А.Ж. Современные способы обработки и стерилизации аллогенных костных тканей (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):134-147. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-134-147.

**Cite as:** Vorobyov K.A., Bozhkova S.A., Tikhilov R.M., Cherny A.Zh. [Current Methods of Processing and Sterilization of Bone Allografts (Review of Literature)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(3):134-147. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-134-147.

Воробьев Константин Александрович. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Konstantin A. Vorobyev. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russian Federation; e-mail: vorobyov\_doc@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 12.05.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 18.08.2017.

## Введение

Кость является старейшей среди тканей, используемых для пересадки. Трансплантация костной ткани упоминается во второй главе Бытия Ветхого завета Библии: «И навел Господь Бог на человека крепкий сон; и, когда он уснул, взял одно из ребер его, и закрыл то место плоти».

Первая успешная костная трансплантация была межвидовой (ксеногенной) и выполнена в России в 1668 г. голландским хирургом J. van Meekeren, который пересадил фрагмент кости черепа собаки московскому дворянину, получившему открытую черепно-мозговую травму ударом меча [1].

В настоящее время в мире выполняется ежегодно от 3,5 до 4 млн операций с использованием разных костнопластических материалов [2]. Количество вмешательств этого типа продолжает увеличиваться, что можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, растет число высокотехнологичных операций (все виды эндопротезирования) и, соответственно, количество ревизий. По данным национальных регистров артропластики коленного и тазобедренного суставов (Arthroplasty Registers, URL: <http://www.ear.efort.org/registers.aspx>), одной из наиболее значимых причин растущих потребностей в костнопластических материалах является увеличение ревизионных вмешательств на крупных суставах. Они сопровождаются замещением дефекта в зоне имплантации компонентов эндопротеза, сформированного в ходе деструкции кости вследствие нестабильности или инфекционного процесса [3–6]. Во-вторых, это развитие биотехнологий и тканевой инженерии как отдельной области экспериментально-клинической медицины. В-третьих, это совершенствование технологий обработки и стерилизации биотканей, что приводит к уменьшению частоты осложнений после трансплантации: иммунных и воспалительных реакций со стороны организма реципиента, инфекций, переломов, резорбции и лизиса [7, 8].

### Костнопластические материалы: классификация и свойства

Скелет человека состоит из 206 костей. Адаптация каждой кости к определенной роли привела к изменению ее размера, формы и композиции. При выборе костнопластического материала хирург должен оценить не только функ-

цию кости и состояние окружающих тканей, но и учесть следующие факторы [9]:

- 1) предполагаемое клиническое применение;
- 2) размер дефекта и необходимое количество материала;
- 3) биомеханические свойства;
- 4) химический состав;
- 5) доступность;
- 6) остеоиндуктивность, остеокондуктивность и остеогенность;
- 7) использование резорбируемых материалов;
- 8) возможность влияния на процессы остеointegrации и ремоделирования;
- 9) возможные побочные эффекты и осложнения;
- 10) стоимость;
- 11) этические аспекты.

Процедура костной пластики преследует две основных цели:

1) восполнение дефекта (дефицита) костной ткани материалом нужной формы и размера, обладающего необходимыми прочностными характеристиками;

2) восстановление в области замещенного дефекта нормальных процессов костеобразования путем использования материалов, обладающих остеогенными, остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами [10].

Существует несколько классификаций костнопластических материалов.

В зависимости от способа предварительной химической обработки, по мнению И.А. Кириловой, аллогенная кость может быть: нативной, деминерализованной или депротеинизированной [11].

Классификация T.W. Bauer и G.F. Muschler разделяет костнопластические материалы по происхождению, структуре, форме и способам стерилизации [12]. Она применима только для ауто- и аллогенных материалов.

L.L. Hench предложил классификацию костнозамещающих материалов по химическим, физическим и биологическим свойствам [13]. При этом она актуальна для материалов синтетического и полусинтетического происхождения.

Наиболее современной и рациональной, на наш взгляд, является классификация, предложенная S.K. Nandi [14]. Все костнопластические и костнозамещающие материалы, независимо от происхождения, характеризуются по трем ведущим признакам: остеокондуктивность, остеоиндуктивность и остеогенность (табл. 1).

**Классификация костнопластических и костнозамещающих материалов S.K. Nandi [14]**  
**Classification of bone and bone substituting grafts S.K. Nandi [14]**

Класс	Описание	Примеры	Свойства
Аутотрансплантат	Используется самостоятельно	—	Остеокондуктивность, остеоиндуктивность, остеогенность
Аллотрансплантат, аллоимплантат	Используется самостоятельно или в комбинации с другими веществами	Allegro, Orthoblast, Grafton	Остеокондуктивность, остеоиндуктивность
Факторы роста	Природные и рекомбинантные факторы роста могут использоваться самостоятельно или в комбинации с другими материалами	TGF- $\beta$ , PDGF, FGF, BMP	Остеоиндуктивность, остеокондуктивность и остеоиндуктивность в сочетании с материалом-носителем
Клетки	Используются для генерации новой ткани самостоятельно или наносятся на материал-носитель	Мезенхимальные стволовые клетки	Остеогенность, остеогенность и остеокондуктивность в сочетании с материалом-носителем
На основе керамики	Включают кальция фосфат, кальция сульфат, биоактивное стекло. Используются самостоятельно или с другими материалами	Osteograf, Osteoset, NovaBone	Остеокондуктивность, ограниченные остеоиндуктивные свойства в сочетании с костным мозгом
На основе полимеров	Биодеградируемые и недеградируемые полимеры. Используются самостоятельно или с другими материалами	Cortoss, OPLA, Immix	Остеокондуктивность, биорезорбция у рассасывающихся полимеров
Прочие	На основе коралла, хитозана и др.	ProOsteon	Остеокондуктивность, биорезорбция

Понятие «остеоиндуктивность» впервые было предложено M.R. Urist с соавторами. Под ним подразумевается способность костнопластического материала стимулировать процессы костеобразования [15]. Остеокондукция — это способность костнопластического материала быть поддерживающей конструкцией для прорастания сосудов и структур новой костной ткани (остеоинтеграции). Остеогенез — это способность костнопластического материала генерировать новую кость, что характерно для аутотрансплантатов или материалов, содержащих аутогенные остеопрогениторные клетки. «Золотым стандартом» является аутокость, обладающая всеми тремя свойствами: остеокондуктивностью, остеоиндуктивностью и остеогенностью [2].

На основании указанных свойств в 2007 г. P.V. Giannoudis предложил концепцию «dia-

mond concept of fracture repair». В ней автор выделил четыре основных условия, необходимых для успешной остеоинтеграции и ремоделирования костнопластического материала: клетки с остеогенным потенциалом, остеокондуктивная матрица, остеоиндуктивный стимул, механическая стабильность [16].

Аллогенные костнопластические материалы являются основной альтернативой ауто-трансплантатам и лучшей заменой любым костнозамещающим материалам. Основными преимуществами аллогенных костнопластических материалов являются биологическое внутривидовое происхождение; микроархитектура, соответствующая нормальной морфологии; протекание процессов резорбции и ремоделирования подобно нормальной костной регенерации [8]; возможность сохранения остеоиндуктивных и остеокондуктивных свойств,

а также неограниченная возможность их использования в качестве матрицы для создания различных тканеинженерных конструкций [17, 18]. Только в США в 2013 г. было использовано около миллиона аллотрансплантатов [19]. Известно, что их трансплантация выполняется в 10 раз чаще, чем пересадка других органов и тканей [14], и занимает второе место после переливания компонентов крови [20].

Таким образом, идеальный костнопластический материал должен представлять собой трехмерную тканеинженерную конструкцию, содержащую живые клетки и/или биологически активные вещества, которая не только заполняет дефект, обладает необходимыми прочностными характеристиками и стимулирует процессы костеобразования, но и способна генерировать новую кость [2, 7, 8, 21].

#### **Нативные костные аллотрансплантаты: свойства и особенности хранения**

Многие авторы отмечают высокий процент хороших результатов при использовании нативных (в основном в свежемороженом виде) костных аллотрансплантатов [22]. Большое значение в успешном клиническом применении этих материалов играет степень иммунного ответа. Процесс иммунного отторжения костных аллотрансплантатов происходит аналогично отторжению при трансплантации других органов. Подбор донора, согласно установленным правилам, исключение возможного инфицирования и выполнение необходимых иммунологических исследований совместимости донора и реципиента позволяют снизить выраженность иммунного ответа. Хранение при низких температурах и соблюдение правил заморозки и оттаивания также снижает иммуногенность, что обусловлено разрушением антиген-представляющих клеток в межтрабекулярных пространствах. Основным преимуществом свежемороженом аллотрансплантатов, подвергнутых обработке, по сравнению с аллогенными костнопластическими материалами, является лучшее сохранение биологических и физико-механических свойств, присущих нормальной кости. Например, С. Delloye с соавторами считают, что глубокая заморозка костных трансплантатов позволяет сохранить первоначальные механические свойства кости [23]. В научной литературе встречаются и противоположные мнения о том, что органические компоненты (клетки, костный мозг и др.) могут быть причиной длительного воспаления, а очистка до костного матрикса ускоряет процесс васкуляризации и миграции клеток, способствуя остеоинтегра-

ции и ремоделированию [24]. В исследовании D.J. Costain с соавторами высказано мнение, что для наиболее объективной оценки свойств свежемороженом костных аллотрансплантатов необходимо проведение хорошо контролируемого рандомизированного сравнительного клинического исследования [10].

Оптимальная температура для хранения тканей точно не определена и продолжает оставаться предметом дискуссий. Температура  $-80^{\circ}\text{C}$ , рекомендованная большинством исследователей для хранения костных трансплантатов, определена эмпирически. Основными мотивами были инактивация ферментативной активности и роста кристаллов льда. По мнению С. Fölsch с соавторами, все биологические костнопластические материалы должны сохраняться при низких температурах. При этом для хранения обработанных и стерилизованных аллоимплантатов в течение двух лет подходит температура  $-20^{\circ}\text{C}$ , тогда как для длительного хранения костных трансплантатов необходима температура  $-80^{\circ}\text{C}$  и ниже с допустимым сроком хранения 5 лет [25].

Как упоминалось выше, важными факторами, влияющими на качество свежемороженом трансплантатов, являются не только температура хранения, но и процессы заморозки и оттаивания. А. S. Parkes с соавторами предложили методику двухэтапного замораживания: сначала ткань в упаковке погружают в специальный раствор с температурой  $-20...30^{\circ}\text{C}$  на 30 мин., затем переносят в камеру при температуре  $-79^{\circ}\text{C}$ . При разработке различных методов контролируемой скорости заморозки многие исследователи сошлись во мнении, что оптимальная скорость охлаждения —  $1^{\circ}\text{C}$  в минуту [26]. В дополнение к скорости охлаждения важную роль играет процесс оттаивания. В исследованиях А. С. Taylor с соавторами отмечено, что оптимальной температурой для оттаивания тканей является  $45^{\circ}\text{C}$  [27].

#### **Очистка и первичная дезинфекция**

Необходимость очистки кости от органических компонентов обусловлена двумя аспектами: снижением риска передачи инфекции и снижением антигенного и воспалительного потенциала [28]. По мнению R. Lomas с соавторами, очистка повышает клиническую эффективность и безопасность материалов [3]. Кроме того, наиболее значимая эпидемиологическая опасность связана с органическим компонентом донорской кости, соответственно, его удаление снижает потенциальную возможность инфицирования [18].

Методы очистки кости от органических компонентов в зависимости от способов воздействия могут быть разделены на химические, физические и физико-химические. Важно соблюдать баланс между эффективностью очистки и сохранением свойств костной ткани. С одной стороны, необходимо применять химические и физические методы обработки с достаточным, ввиду его сложной анизотропной трехмерной структуры, проникновением в костный матрикс. С другой стороны, важно сохранить естественные остеоиндуктивные, остеокондуктивные свойства кости и не оставлять следов веществ, используемых в ходе очистки, которые способны спровоцировать воспалительные реакции после имплантации и негативно повлиять на процесс остеоинтеграции и ремоделирования [29, 30].

К основным способам очистки, в основе которых лежит физическое воздействие, можно отнести ультразвуковую кавитацию, отрицательное давление в вакууме, промывание жидкостями под высоким давлением (например, гидродинамическая струя), температурное воздействие, центробежную силу, интенсивное перемешивание или встряхивание, магнитное поле. Большинство из них заложены в основу разных технологий очистки, которые мы рассмотрим далее.

Наиболее распространенными веществами, применяемыми для химической очистки, являются: перекись водорода, метанол- и этанолсодержащие смеси, хлороформ, хлористый литий, бромводородная кислота, ферменты (трипсин, химотрипсин), обработка сверхкритическими жидкостями.

Эволюцию технологий очистки можно проследить по патентам разных авторов. Например, в 1989 г. К. Robert предложил простой процесс замачивания костных трансплантатов в растворах антибиотиков и дезинфицирующих средств, при этом он не удалял значительное количество костного мозга и клеточных элементов, что оказалось недостаточным для снижения антигенности (USA Patent 5,298,222). Позднее, в 1991 г., В. Morse и Е. Shanbrom предложили методику, согласно которой кость пропитывали в растворе поливинилпирролидон-йода, после чего выполняли очистку от органических элементов с использованием шейкера, далее повторяли пропитывание и выполняли лиофилизацию (USA Patent 5,333,626). В этом патенте впервые описано использование интенсивного перемешивания в шейкере и обработка струей жидкости под высоким давлением. В 1994 г. В. Morse опубликовал патент, дополнив предыдущий этап с применением отрицательного давления в вакууме

с давлением 84,66 кПа, впервые употребив термин «первичное обеззараживание» (USA Patent 5,513,662). В 1995 г. в патенте, предложенном L. Wolfinbarger, была описана технология многоэтапной очистки, использующая интенсивное перемешивание, встряхивание, отрицательное давление в вакууме, дополненные промыванием раствором перекиси водорода и спирта (USA Patent 5,556,379). Через 3 года L. Wolfinbarger дополнил предыдущую технологию ультразвуковой кавитацией, что, по мнению автора, принципиально отличается от встряхивания, перемешивания и отрицательного давления ввиду того, что ультразвуковая энергия создает волны, которые разрушают органические компоненты костного трансплантата посредством повышения молекулярного давления (USA Patent 5,797,871). Применение метода ультразвуковой кавитации позволило повысить степень очистки от органических элементов до 99,9% [30]. В 1999 г. L. Wolfinbarger предложил способ очистки костных трансплантатов с использованием центробежной силы, при котором также выполняли промывку растворами перекиси водорода, спирта, применяли интенсивное перемешивание и встряхивание. Использование центробежной силы схоже с обработкой отрицательным давлением в вакууме, но позволяет исследовать осадок на предмет содержания органических компонентов, что улучшило качество контроля процесса очистки (USA Patent 5,977,432).

Разные способы очистки отражены также в патентах Российской Федерации. Так, например, Р.А. Быковым для удаления костного мозга из губчатой кости предлагается разложение органических компонентов путем ферментации 2–5% раствором трипсина с последующей отмывкой физиологическим раствором (патент РФ № 2301633). В другом патенте того же автора предлагается способ изготовления костных имплантатов, в котором для очистки фрагмент кости механически обрабатывают гидродинамической струей (патент РФ № 2526429).

Метод очистки, предложенный Л.Т. Воловой, основан на воздействии химическими веществами — липосистемами, перекисью водорода, экспозицией в спиртоэфирном растворе и ультразвуковыми колебаниями (патент РФ № 2166252).

М.В. Лекишвили предложил многоэтапную методику, включающую длительные 48-часовые экспозиции в растворах 6% перекиси водорода, смеси хлороформа с этанолом. В этом методе также предусмотрено воздействие центробежной силы (патент РФ № 2172104).

И.А. Кирилова с соавторами разработали способ, который подразумевает депроитеинизацию путем 96-часовой экспозиции в 0,01% растворе химотрипсина, 48-часовую экспозицию в 10% растворе перекиси водорода, обработку жидким эфиром и 10% раствором хлористого лития. Также предложено воздействие переменным магнитным полем (патент РФ № 2223104).

Р.М. Тихилов с соавторами предложили методику очистки, при которой материал многократно промывали 10% раствором перекиси водорода, выдерживали его в 0,6% растворе бромводородной кислоты с последующей отмывкой дистиллированной водой (патент РФ № 2377959).

Метод, предложенный Н.П. Демичевым с соавторами, предполагает экспозицию в 6% растворе перекиси водорода с последующей механической очисткой гидродинамической струей (патент РФ № 2440730).

В зарубежных публикациях также описываются методы очистки путем воздействия химическими веществами. Так, например, J. Rauh с соавторами используют способ, при котором костные имплантаты инкубируют в смеси хлороформа (99,4%) и метанола (99,8%) в соотношении 2/1 в течении 2 ч, затем восьмикратно (по 15 мин.) промывают в ультразвуковой мойке в растворе метанола, затем костные имплантаты дважды промывают от химических веществ деионизированной водой [31].

В методе, предложенном M.J. Eagle, предпочтение отдается способам физического воздействия — температурой, центробежной силой, интенсивным перемешиванием и встряхиванием, ультразвуковой кавитацией. Кость при этом отмывается стерильной водой при температуре 57–59°C. Метод подразумевает многократность и кратковременность процедур, а влияние химических веществ сведено к минимуму [18, 30]. В ходе исследований биологической совместимости костнопластических материалов с тканями реципиента после имплантации было обнаружено, что наличие остатков некоторых веществ даже в нетоксичных концентрациях может приводить к воспалительным реакциям и инкапсуляции [7].

В исследованиях С.А. DePaula с соавторами выявлено значительное снижение остеиндуктивных свойств в результате обработки 3% раствором перекиси водорода после экспозиции в течение 5 ч [29]. Большую роль играет дли-

тельность экспозиции в этанол- и метанолсодержащих растворах, поскольку они снижают остеиндуктивный потенциал.

В качестве примера очистки и дезинфекции сверхкритическими жидкостями можно привести метод обработки сверхкритическим диоксидом углерода, который обладает высокой степенью проникновения в костные материалы, антимикробными свойствами, является хорошим растворителем органических компонентов и липидов, сохраняя при этом остеокондуктивные свойства костных материалов [32, 33].

Использование многих химических веществ при изготовлении костнопластических материалов в зарубежных странах строго регламентируется. Например, стандартом Американской ассоциации тканевых банков (AATB) E1.044 Disinfection by Chemical Agents запрещается использование ртутьсодержащих и четвертичных соединений, формальдегида, β-пропиолактона, глутаральдегида и хлороформа<sup>1</sup>. В любом случае при использовании химических веществ, дезинфектантов или антибиотиков должна быть маркировка, позволяющая определить наличие возможных остаточных следов и информировать об их присутствии в материале, который будет использоваться в клинике.

### Стерилизация костных трансплантатов

Существует множество способов стерилизации костных трансплантатов, обладающих разными свойствами, преимуществами и недостатками. Однако основной стратегией исключения инфицирования реципиента по-прежнему остается строгий отбор доноров, соблюдение правил забора донорского материала и контроль качества.

Биологический костнопластический материал может определяться как стерильный, когда используемые для стерилизации методы гарантируют, что в нем полностью отсутствуют какие-либо микроорганизмы. Эффективность стерилизации оценивают по уровню гарантии стерильности — sterility assurance level (SAL). Это величина степени вероятности того, что один стерилизованный продукт по отношению к общему количеству может быть инфицирован [34, 35]. В настоящее время FDA (Food and Drug Administration) предъявляет требования 1:1000 (SAL 10<sup>3</sup>). Многие мировые тканевые банки работают по более жестким требованиям — 1:1000000

<sup>1</sup> Dock N.L., Osborne J.C., Brubaker S.A. Standards for Tissue Banking. 13th ed. American Association of Tissue Banks: March 1, 2012. 349.

(SAL 10<sup>6</sup>), предложенным ААМІ (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) и рекомендованным, например, ААТВ<sup>2</sup>.

Учитывая большое количество способов, применяемых для стерилизации биологических костнопластических материалов, на наш взгляд, наиболее целесообразно рассмотреть следующие: ионизирующее излучение, оксид этилена, тепловая стерилизация, спиртовой раствор надуксусной кислоты, озон, микроволновое излучение, химическая стерилизация комбинациями асептических растворов и/или антибиотиков.

Применение спиртового раствора надуксусной кислоты продолжает оставаться популярным методом стерилизации [36]. J. Rauh с соавторами в своем исследовании продемонстрировали высокие стерилизующие свойства, сохранение механической прочности костных имплантатов, а также отметили, что этот метод позволяет создавать материал, пригодный для заселения культуры клеток [31]. Однако в литературе описаны 9 случаев вторичного инфицирования после имплантации материалов, стерилизованных этим способом [37].

В качестве примера химической стерилизации можно привести методику, предложенную В.И. Савельевым с соавторами, которая предполагает стерилизацию в жидкой комбинированной стерилизующей и консервирующей среде, содержащей цитрат кислый, глюкозу, фурацилин, натрий бромистый, этанол, диметилсульфоксид, сульфат амикацина в заданных концентрациях (патент РФ № 2235462). Этот метод до настоящего времени используется в РНИИТО им. Р.Р. Вредена для изготовления аллогенных костнопластических материалов.

Некоторые авторы с целью дезинфекции и стерилизации применяют растворы антибиотиков. Например, компания BioCleanse™ Tissue Sterilization Process (США) на одном из этапов своей технологии использует методику промывания (лаважа) костных материалов комбинациями антибиотиков [34].

В литературе встречаются исследования, посвященные микроволновому излучению. В работах R.A. Dunsmuir, G. Gallacher [38], а позднее R. Singh с соавторами [39] была описана методика стерилизации головок бедренных костей при помощи микроволнового излучения. Стерильность была достигнута при частоте 2450 МГц и мощности 900 Вт в течение 2 мин. Несмотря на простоту, доступность и малые затраты на методику, она не получила широкого применения, так как ее эффектив-

ность зависит от содержания молекул воды в материале, а неравномерность распределения микроволнового излучения формирует в стерилизуемом объекте так называемые «необлученные зоны» или «холодные пятна».

Также в научной литературе встречаются работы с описанием применения *озона* для стерилизации [40, 41]. Озон классифицируется как окисляющий агент, его главное преимущество — скорость и высокая эффективность в относительно низких дозах. При этом отсутствует необходимость в дополнительном этапе оксигенации, как при использовании окиси этилена. Однако этот метод оказывает токсичное воздействие на персонал. Озон примерно в 160 раз токсичнее оксида этилена. Кроме того, метод требует применения относительно дорогого специализированного оборудования.

Достичь уровня стерильности SAL 10<sup>6</sup> можно только при использовании окиси этилена и радиации (ионизирующее излучение дозой не менее 25 кГр) [34, 35, 42, 43].

Несмотря на некоторое снижение популярности окиси этилена (ОЭ) для стерилизации костнопластических материалов, этот метод по-прежнему продолжают использовать во многих странах. Этот метод активно использовали для стерилизации тканей в РНИИТО им. Р.Р. Вредена до середины 2000-х годов (патенты РФ № 2223790, 2219952). Высокая эффективность и надежность стерилизации при адекватных концентрациях раствора были продемонстрированы во многих исследованиях. В основе разрушающего действия на патогены лежит процесс алкилирования цепей ДНК и РНК, что препятствует нормальному течению репродуктивных процессов микроорганизмов. Недостатками метода являются длительный цикл, высокая стоимость, потенциальная опасность для пациентов, персонала и окружающей среды. Потенциальную опасность для пациента составляют остаточные продукты ОЭ, такие как этиленхлоргидрин, образующийся в результате реакции с хлоридом, и этиленгликоль, образованный в результате реакций с водой. Оба вещества способны вызывать гемолиз и воспаление, а также обладают токсическими, мутагенными и канцерогенными свойствами [42, 44].

Считается, что применение радиации для стерилизации тканей берет начало в 1948 г. с публикации J.G. Trump и R.J. Van De Graaff [45]. С тех пор этот метод значительно усовершенствовались. Его широкое применение обусловлено хорошей проникаемостью, возмож-

<sup>2</sup> Там же.

ностью стерилизовать ткани в герметичной упаковке и контролировать процесс [35].

Основными источниками ионизирующего излучения для стерилизации биоматериалов являются высокочастотные источники энергии фотонов, такие как кобальт-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) и цезий-137 ( $^{137}\text{Sc}$ ), а также электроны высоких энергий из линейных ускорителей электронов. Оба типа ионизируют молекулы через разные процессы, которые влияют на их практическое применение для стерилизации. Разрушающее действие радиации на бактерии, вирусы и споры обусловлено двумя основными механизмами — прямым разрушением ДНК клеток и опосредованным разрушением свободными радикалами, образующимися вследствие радиолиза молекул воды [46]. Для стерилизации рекомендуют дозу 25 кГр, которую предложили Artandli и Van Winkle в 1959 г. определив ее на основании исследования минимальной смертельной дозы для 150 видов микроорганизмов [47, 48]. Тканевые банки в разных странах используют дозы в диапазоне от 8 до 50 кГр, наиболее распространенными являются дозы 15–35 кГр. Применение разных доз связано с различными методиками предстерилизационной обработки, применением радиопротекторов и радиопоглощающих веществ. Например, в костном банке Польши используют дозу 35 кГр, а в костном банке Австралии — 15 кГр [49]. В. Conway с соавторами высказали мнение о том, что доза 15 кГр недостаточна для инактивации ВИЧ [50]. О.Р. Шангина для стерилизации биоматериалов применяет дозу 25 кГр, но считает, что доза 15 кГр является достаточной для достижения стерильности [51, 52].

Ионизирующее излучение влияет на механическую прочность материалов на основе кости. Это связано с разрушением полипептидных цепей костного коллагена, который является важным фактором остеоиндукции [46, 53, 54]. В исследованиях В. Loty показано, что механическая прочность кости снижается по мере увеличения дозы, и эта зависимость не является линейной: применение дозы 27 кГр приводит к снижению прочности на 20%, а 37 кГр — на 65% [55].

Доказано снижение разрушительного воздействия радиации на костные материалы при низких температурах. В ряде исследований А. Dziedzic-Goclawska с соавторами (1991–2005) облучение кости проводили при температуре  $-72^{\circ}\text{C}$  дозой 35 кГр, что, по мнению авторов, повышает надежность стерилизации и не влияет на механическую прочность. Также авторы представили сведения о том, что после

имплантации 250 тыс. разных аллогенных материалов (75% из которых на основе аллокости) не было выявлено ни одного случая инфицирования [49]. Подобные данные опубликованы в работе S. Wientroub и А.Н. Reddi, где разрушающее воздействие ионизирующего излучения потоком быстрых электронов снижалось при низких температурах [56]. В исследовании С.Р. Balsly с соавторами материалы на основе аллотрансплантатов облучали дозой 28,5 кГр в сухом льде, в результате не было установлено статистически значимых различий в механической прочности или величине модуля упругости облученных образцов по сравнению с контрольными группами [57].

Другим направлением в разработке методик по защите аллогенных тканей от воздействия радиации является использование поглотителей свободных радикалов. В работе А. Seto с соавторами показано, что применение таких веществ, как маннит, аскорбат и рибофлавин, существенно ослабляет негативное воздействие радиации [58]. J. Reid с соавторами показали снижение разрушающего воздействия ионизирующего излучения при использовании радиопротекторов для облучения аллогенных сухожильно-костных (фрагмент надколенника с собственной связкой) имплантатов [59]. В экспериментальном исследовании Н.В. Burgess с соавторами на кроликах было выявлено, что использование радиопротекторов при облучении относительно высокой дозой 50 кГр не ухудшало процессы остеointеграции и ремоделирования костных имплантатов из свода черепа в сравнении с необработанными [60]. Применение радиационной защиты также отражено в работе А. Alanay, где стерилизация костных имплантатов высокими дозами (50 кГр) радиации не повлияла на процессы перестройки после имплантации в позвоночник крыс [61]. В одном из последних исследований, опубликованных Т. Attia с соавторами, показаны хорошие радиопротекторные свойства рибозы. Ее применение при стерилизации позволяет лучше сохранять osteoconductive свойства костных материалов [62].

В.И. Савельев с соавторами в 2009 г. предложил комбинированный способ стерилизации аллогенных костнопластических материалов, при котором после механической очистки и обработки растворами хлороводородной или бромоводородной кислоты заданной концентрации осуществлялась стерилизация ионизирующим излучением дозой 12 кГр (патент РФ № 2356224).

Термическая стерилизация является одним из наиболее простых и популярных методов стерилизации, поскольку она безопасна и не требует

сложного оборудования и специальных условий для реализации [25]. Этот метод применим для уничтожения вируса ВИЧ-инфекции, который имеет низкую устойчивость к тепловому воздействию. Так, 30-минутное воздействие на вирус температурой 56°C в водяной бане приводит к его уничтожению в 100% случаях [63]. Однако существует зависимость между необходимой для уничтожения микроорганизмов температурой и ее разрушительным воздействием на костные ткани.

Результаты исследования S. Shin с соавторами показали, что процесс реваскуляризации и образования новой костной ткани после термической обработки при 60°C значимо не отличался от контрольных образцов, но воздействие температуры 100°C вызывало значительное ухудшение этих процессов [64]. Это связано с тем, что при температуре выше 60°C начинается процесс денатурации костного коллагена. С.Т. Vangness с соавторами сообщили, что при воздействии температурой свыше 80°C структура коллагена значительно разрушается, а температура до 60°C не оказывает на него выраженного повреждающего действия [65].

Одним из надежных методов температурной стерилизации головок бедренных костей, по данным разных авторов, является система Lobator sd-2 (Telos, Германия) [34, 35].

Экспериментально доказано, что поддержание температуры 82,5°C в центре головки бедра с диаметром не более 56 мм в течение 15 мин. создает необходимые условия для уничтожения микроорганизмов и сохраняет надлежащие биологические свойства кости. Высокая надежность данного метода, на наш взгляд, обусловлена абсолютной автоматизацией процесса стерилизации, который управляется и контролируется встроенной в устройство программой, исключающей возможность коррекции длительности цикла и температурного режима. Несмотря на высокую эффективность пастеризации для уничтожения неспорообразующих бактерий и клинически значимых вирусов, указанный температурный режим малоэффективен в отношении спор *B. subtilis* и *C. sporogenes*. При использовании данной методики необходимо строго соблюдать условия забора донорского материала, критерии отбора доноров, выполнять необходимые серологические тесты, а в случае использования головок бедренных костей от полиорганных доноров обязательно должны быть проведены дополнительные исследования методом ПЦР для исключения ВИЧ-инфекции, гепатитов В и С [63, 66]. Сравнительная характеристика очистки, первичной дезинфекции и некоторых методов конечной стерилизации представлена в таблице 2.

Таблица 2/Table 2

**Сравнительная характеристика методов очистки и стерилизации  
костных аллотрансплантатов**  
**Comparison of bone allograft cleaning and sterilization methods**

Характеристика	Очистка и первичная дезинфекция	Химическая стерилизация		Ионизирующее излучение 25 кГр (SAL 10 <sup>6</sup> )*	Тепловая стерилизация системой Lobator sd-2
		Окись этилена (SAL 10 <sup>6</sup> )*	Комбинированная среда**		
Уничтожение бактерий	Нет	Да	Да <sup>1</sup>	Да	Да <sup>2</sup>
Уничтожение грибов	Нет	Да	Да <sup>1</sup>	Да	Да <sup>3</sup> (достаточная)
Уничтожение спор	Нет	Да	Да <sup>1</sup>	Да	Да <sup>4</sup> (низкая)
Уничтожение вирусов	Нет	Да	Да <sup>1</sup>	Да	Да <sup>2</sup>
Удаление крови и липидов	Да	Нет	Да <sup>5</sup>	Нет	Нет
Влияние на механическую прочность	Да <sup>6</sup>	Нет	Нет <sup>5</sup>	Да	Да

Характеристика	Очистка и первичная дезинфекция	Химическая стерилизация		Ионизирующее излучение 25 кГр (SAL 10 <sup>6</sup> )*	Тепловая стерилизация системой Lobator sd-2
		Окись этилена (SAL 10 <sup>6</sup> )*	Комбинированная среда**		
Биосовместимость	Да <sup>6</sup>	Да <sup>7</sup>	Да <sup>5</sup>	Да	Да
Проникающая способность в стерилизуемый объект	Зависит от <sup>6,8</sup>	Зависит от <sup>8</sup>	Полная	Полная	Полная <sup>9</sup>
Возможность обработки трансплантатов разного размера и структуры	Да	Да	Да	Да	Нет
Возможность использования в качестве носителя для клеток и биологически-активных веществ	Зависит от <sup>6</sup>	Да <sup>10</sup>	Исследования не проводили	Да	Да <sup>11</sup>

\* — SAL 10<sup>6</sup> — уровень гарантии стерильности (SAL — sterility assurance level) — вероятность инфицирования после обработки возможна в одном из 1 000 000 образцов; \*\* — жидкая комбинированная стерилизующая среда (патент РФ № 2235462); <sup>1</sup> — степень не определена; <sup>2</sup> — высокая (6 log 10) вероятность инфицирования после стерилизации возможна в одном из 1 000 000 образцов [63, 66]; <sup>3</sup> — достаточная (3,15 log 10) вероятность инфицирования после стерилизации возможна в одном из 1412 образцов [63, 66]; <sup>4</sup> — низкая (0,33–1,77 log 10) вероятность инфицирования после стерилизации возможна в одном из 58 образцов [63, 66]; <sup>5</sup> — требует стандартизованного сравнительного исследования; <sup>6</sup> — зависит от технологии и веществ; <sup>7</sup> — зависит от количества остаточных продуктов [42]; <sup>8</sup> — зависит от свойств трансплантата (размер, плотность и т.д.); <sup>9</sup> — только для головок бедренной кости d < 56 мм [63, 66]; <sup>10</sup> — при условии полного очищения от остаточных веществ; <sup>11</sup> — при условии предстерилизационной очистки от клеток и других органических компонентов костного мозга.

### Заключение

Анализ научных публикаций позволил выделить несколько ключевых проблем, требующих дальнейшего изучения и решения. Первое, что следует отметить, — это отсутствие единых стандартов при работе с донорскими тканями в России. Отделы по заготовке тканей, как правило, работают по внутренним инструкциям. В мировой клинической практике работа с донорскими тканями регламентируется директивами и стандартами ассоциаций тканевых банков, поэтому их забор, хранение, методы и способы обработки и стерилизации определены общими правилами, что отражено в зарубежных публикациях.

Следующее, на что мы обратили внимание — отсутствие критериев и рекомендаций для выбора того или иного костнопластического материала для конкретной клинической ситуации. По нашему мнению, это важно, поскольку в зависимости от методов обработки и стерилизации, материалы на основе аллокости изменяют свои свойства. Готовый к использованию в клинике конечный продукт может иметь различные характеристики, что ставит перед хирургами

проблему выбора материала как в ходе предоперационного планирования, так и интраоперационного использования.

Также следует отметить, что в мировой практике предпочтение отдается использованию свежемороженых костных трансплантатов, которые в большей степени сохраняют естественные свойства кости. За рубежом ведется активная работа по совершенствованию методов хранения и использования свежих трансплантатов аллокости. В клинической практике профильных учреждений России использование материалов данной группы ограничено, о чем свидетельствует отсутствие публикаций. Проведение углубленных исследований в этом направлении представляется нам актуальным и перспективным.

Как было изложено выше, одной из наиболее актуальных причин растущих потребностей в костнозамещающих материалах в ортопедической практике является увеличение ревизионных вмешательств на крупных суставах, которые сопровождаются пластикой дефекта, образованного в зоне стояния компонентов эндопротеза вследствие асептической неста-

бильности или в результате хронического инфекционного процесса. Это связано с тем, что патологический процесс, протекающий в зоне стояния компонентов эндопротеза, имеет свои особенности, поскольку длительно существующее воспаление любой этиологии вызывает хроническую гипоксию и инициирует процесс фиброзной перестройки окружающих тканей. Поэтому аллогенные костнопластические материалы, используемые при вмешательствах на таких костных дефектах, должны стимулировать процессы костеобразования, а в случае остеомиелита или перипротезной инфекции — обладать антимикробными свойствами. Эта тема также требует дальнейших исследований.

Современной тенденцией мировой клинической практики становится использование достижений биотехнологий и регенеративной медицины при реконструктивно-пластических операциях на костной ткани. Костнопластические материалы перестали быть статическими конструкциями. Присущая им ранее инертность сменяется биологической активностью, которая выражается в сохранении или придании им остеокондуктивных, остеоиндуктивных и остеогенных свойств, что создает лучшие условия для остеointegrации и ремоделирования. При выборе метода обработки и стерилизации необходимо учитывать возможность дальнейшего использования материалов из аллокости в качестве матрицы-носителя клеточных культур или биологически-активных веществ для создания тканеинженерных конструкций.

Многообразие методик, используемых для очистки и стерилизации костных аллотрансплантатов, ставит перед специалистами проблему выбора наиболее оптимальной из них. Выбор зависит от множества переменных — количества донорского материала, пригодного для использования; технических возможностей; объема и форм обрабатываемых биоматериалов; клинических потребностей в зависимости от вида конечного продукта; целесообразности финансовых затрат на технологический процесс. Однако, на наш взгляд, ведущими критериями по-прежнему должны оставаться безопасность пациента и высокая клиническая эффективность материалов этой группы.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

- Haeseker B. Mr. Job van Meekeren (1611-1666) and surgery of the hand. *Plast Reconstr Surg.* 1988;82(3):539-546.
- Henkel J., Woodruff M.A., Epari D.R., Steck R., Glatt V., Dickinson I.C., Choong P.F., Schuetz M.A., Huttmacher D.W. Bone Regeneration Based on Tissue Engineering Conceptions — A 21st Century Perspective. *Bone Res.* 2013;1(3):216-248. DOI: 10.4248/BR201303002.
- Lomas R., Chandrasekar A., Board T.N. Bone allograft in the UK: perceptions and realities. *Hip Int.* 2013;23(5):427-433. DOI: 10.5301/hipint.5000018.
- Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н., Черный А.Ж., Муравьева Ю.В., Гончаров М.Ю. Данные регистра эндопротезирования тазобедренного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2007–2012 годы. *Травматология и ортопедия России.* 2013;(3):167-190. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Kovalenko A.N., Cherniy A.Zh., Muravyeva Yu.V., Goncharov M.Yu. [Data of hip arthroplasty registry of Vreden Russian Research Institute for Traumatology and Orthopedics for the period 2007–2012 years]. *Травматология и Ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(3):167-190. (in Russian).
- Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Филь А.С., Муравьева Ю.В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2011–2013 годы. *Травматология и ортопедия России.* 2015;(1):136-151. DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Muravyeva Yu.V. [Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and orthopedics for period 2011–2013]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(1):136-151. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151
- Мухаметов У.Ф., Мухаметов Ф.Ф., Сулейманов Я.Н., Нугаев Р.Я., Нигматуллин Р.Т., Шангина О.Р. Некоторые аспекты ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава. Пластика костных дефектов губчатыми аллоплантами. *Гений ортопедии.* 2016;(4):29-35. DOI 10.18019/1028-4427-2016-4-29-35. Mukhametov U.F., Mukhametov F.F., Suleimanov I.N., Nugaev R.I., Nigmatullin R.T., Shangina O.R. [Some aspects of the hip arthroplasty revision. Bone defect plasty with sponge allografts]. *Genij Ortopedii* [Orthopedic Genius]. 2016;(4):29-35. (in Russian). DOI: 10.18019/1028-4427-2016-4-29-35.
- Hernigou P., Pariat J., Queinnee S., Homma Y., Flouzat Lachaniette C.H., Chevallier N., Rouard H. Supercharging irradiated allografts with mesenchymal stem cells improves acetabular bone grafting in revision arthroplasty. *Int Orthop.* 2014;38(9):1913-1921. DOI: 10.1007/s00264-014-2285-2.
- Oryan A., Alidadi S., Moshiri A., Maffulli N. Bone regenerative medicine: classic options, novel strategies, and future directions. *J Orthop Surg Res.* 2014;9(1):18. DOI: 10.1186/1749-799X-9-18.
- Brydone A.S., Meek D., Maclaine S. Bone grafting, orthopaedic biomaterials, and the clinical need for bone engineering. *Proc Inst Mech Eng H.* 2010;224(12):1329-1343.
- Costain D.J., Crawford R.W. Fresh-frozen vs. irradiated allograft bone in orthopaedic reconstructive surgery. *Injury.* 2009;40(12):1260-1264. DOI: 10.1016/j.injury.2009.01.116.
- Кирилова И.А., Садовой М.А., Подорожная В.Т. Сравнительная характеристика материалов для костной пластики: состав и свойства. *Хирургия позвоночника.* 2012;(3):72-83. Kirilova I.A., Sadovoy M.A., Podorozhnaja V.T. [Comparative Characteristics of Materials for Bone Grafting: Composition and Properties]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine surgery]. 2012;(3):72-83. (in Russian).

12. Bauer T.W., Muschler G.F. Bone grafts materials. An overview of the basic science. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(371):10-27.
13. Hench L.L. Biomaterials: a forecast for the future. *Biomaterials.* 1998;19(16):1419-1423.
14. Nandi S.K., Roy S., Mukherjee P., Kundu B., De D.K., Basu D. Orthopedic applications of bone graft and graft substitutes: a review. *Indian J Med Res.* 2010;132:15-30.
15. Urist M.R., Silverman B.F., Büiring K., Dubuc F.L., Rosenberg J.M. The bone induction principle. *Clin Orthop Relat Res.* 1967;53:243-83.
16. Giannoudis P.V., Einhorn T.A., Marsh D. Fracture healing: the diamond concept. *Injury.* 2007;38(4):3-6.
17. Лекишвили М.В., Склянчук Е.Д., Акатов В.С., Очкуренко А.А., Гурьев В.В., Рагинов И.С., Бугров С.Н., Рябов А.Ю., Фадеева И.С., Юрасова Ю.Б., Чеканов А.С. Костнопластические остеоиндуктивные материалы в травматологии и ортопедии. *Гений ортопедии.* 2015;(4):61-67. DOI: 10.18019/1028-4427-2015-4-61-67. Lekishvili M.V., Sklianchuk E.D., Akatov V.S., Ochurenko A.A., Gur'ev V.V., Raginov I.S., Bugrov S.N., Riabov A.Iu., Fadeeva I.S., Iurasova Ju.B., Chekanov A.S. [Osteoplastic osteoinductive materials in traumatology and orthopaedics]. *Genij Ortopedii* [Orthopedic Genius]. 2015;(4):61-67. (in Russian). DOI: 10.18019/1028-4427-2015-4-61-67.
18. Smith C.A., Richardson S.M., Eagle M.J., Rooney P., Board T., Hoyland J.A. The use of a novel bone allograft wash process to generate a biocompatible, mechanically stable and osteoinductive biological scaffold for use in bone tissue engineering. *J Tissue Eng Regen Med.* 2015;9(5): 595-604. DOI: 10.1002/term.1934.
19. Islam A., Chapin K., Moore E., Ford J., Rinnac C., Akkus O. Gamma Radiation Sterilization Reduces the High-cycle Fatigue Life of Allograft Bone. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(3):827-835. DOI: 10.1007/s11999-015-4589-y.
20. Elsalanty M.E., Genecov D.G. Bone grafts in craniofacial surgery. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr.* 2009;2(3): 125-134. DOI: 10.1055/s-0029-1215875.
21. Woodruff M.A., Lange C., Reichert J., Berner A., Chen F., Fratzl P., Schantz J.T., Huttmacher D.W. Bone tissue engineering: from bench to bedside. *Materials Today.* 2012;15(10):430-434. DOI: 10.1016/S1369-7021(12)70194-3.
22. Man W.Y., Monni T., Jenkins R., Roberts P. Post-operative infection with fresh frozen allograft: reported outcomes of a hospital-based bone bank over 14 years. *Cell Tissue Bank.* 2016;17(2):269-275. DOI:10.1007/s10561-016-9547-8.
23. Delloye C., Simon P., Nyssen-Behets C., Banse X., Bresler F., Schmitt D. Perforations of cortical bone allografts improve their incorporation. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(396): 240-247.
24. Lomas R., Drummond O., Kearney J.N. Processing of whole femoral head allografts: A method for improving clinical efficacy and safety. *Cell Tissue Bank.* 2000;1(3):193-200. DOI: 10.1023/A:1026512312385.
25. Fölsch C., Mittelmeier W., Bilderbeek U., Timmesfeld N., von Garrel T., Peter Matter H. Effect of Storage Temperature on Allograft Bone. *Transfus Med Hemother.* 2012;39(1):36-40. DOI: 10.1159/000335647.
26. Parkes A.S. Factors affecting the viability of frozen ovarian tissue. *J Endocrinol.* 1958;17(4):337-343.
27. Taylor A.C. The physical state of transition in the freezing of living cells. *Ann N Y Acad Sci.* 1960;85:595-609.
28. Vastel L., Masse C., Mesnil P., Crozier E., Padilla F., Laugier P., Mitton D., Courpied J.P. Comparative ultrasound evaluation of human trabecular bone graft properties after treatment with different sterilization procedures *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;90(1):430-437. DOI: 10.1002/jbm.b.31302.
29. DePaula C.A., Truncale K.G., Gertzman A.A., Sunwoo M.H., Dunn M.G. Effects of hydrogen peroxide cleaning procedures on bone graft osteoinductivity and mechanical properties. *Cell Tissue Bank.* 2005;6(4):287-298. DOI: 10.1007/s10561-005-3148-2.
30. Eagle M.J., Man J., Rooney P., Hogg P., Kearney J.N. Assessment of an improved bone washing protocol for deceased donor human bone. *Cell Tissue Bank.* 2015;16(1):83-90. DOI: 10.1007/s10561-014-9443-z.
31. Rauh J., Despang F., Baas J., Liebers C., Pruss A., Gelsinsky M., Günther K.P., Stiehler M. Comparative biomechanical and microstructural analysis of native versus peracetic acid-ethanol treated cancellous bone graft. *Biomed Res Int.* 2014;2014:784702. DOI: 10.1155/2014/784702.
32. Russell N., Rives A., Pelletier M.H., Wang T., Walsh W.R. The effect of supercritical carbon dioxide sterilization on the anisotropy of bovine cortical bone. *Cell Tissue Bank.* 2015;16(1):109-121. DOI: 10.1007/s10561-014-9447-8.
33. Ruphuy G., Souto-Lopes M., Paiva D., Costa P., Rodrigues A.E., Monteiro F.J., Salgado C.L., Fernandes M.H., Lopes J.C., Dias M.M., Barreiro M.F. Supercritical CO<sub>2</sub> assisted process for the production of high-purity and sterile nano-hydroxyapatite/chitosan hybrid scaffolds. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2017 May 4 [Epub ahead of print]. DOI: 10.1002/jbm.b.33903.
34. Mohr J., Germain M., Winters M., Fraser S., Duong A., Garibaldi A., Simunovic N., Alsop D., Dao D., Bessemer R., Ayeni O.R. Bioburden Steering Committee and Musculoskeletal Tissue Working group. Disinfection of human musculoskeletal allografts in tissue banking: a systematic review. *Cell Tissue Bank.* 2016;17(4):573-584. DOI: 10.1007/s10561-016-9584-3.
35. Singh R., Singh D., Singh A. Radiation sterilization of tissue allografts: A review. *World J Radiol.* 2016;8(4): 355-369. DOI: 10.4329/wjr.v8.i4.355.
36. Wassilew G.I., Janz V., Renner L., Perka C., Pruss A. Reduced rates of non-union with modified periacetabular osteotomy using peracetic-acid sterilized cancellous allografts. *Cell Tissue Bank.* 2016;17(4):713-720. DOI: 10.1007/s10561-016-9587-0.
37. Indelicato P.A., Ciccotti M.G., Boyd J., Higgins L.D., Shaffer B.S., Vangsnest C.T. Jr. Aseptically processed and chemically sterilized BTB allografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(9): 2107-2112. DOI: 10.1007/s00167-012-2309-7.
38. Dunsmuir R.A., Gallacher G. Microwave sterilization of femoral head allograft. *J Clin Microbiol.* 2003;41(10):4755-4757.
39. Singh R., Singh D. Sterilization of bone allografts by microwave and gamma radiation. *Int J Radiat Biol.* 2012;88(9):661-666. DOI: 10.3109/09553002.2012.700166.
40. Матвейчук И.В., Розанов В.В., Пантелеев В.И., Агалакова Л.М., Кирилова И.А. Инновационные подходы к совершенствованию процесса стерилизации для решения задач биоимплантологии. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии.* 2013;11(11):92-97. Matveychuk I.V., Rozanov V.V., Panteleev V.I., Agalakova L.M., Kirilova I.A. [Innovative approaches to improvement of process of sterilization for the solution

- of problems of bioimplantology]. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii* [Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry]. 2013;11(11):92-97.
41. Rediguieri C.F., Pinto Tde.J., Bou-Chacra N.A., Galante R., de Araújo G.L., Pedrosa Tdo N., Maria-Engler S.S., De Bank P.A. Ozone Gas as a Benign Sterilization Treatment for PLGA Nanofiber Scaffolds. *Tissue Eng Part C Methods*. 2016;22(4):338-347. DOI: 10.1089/ten.TEC.2015.0298.
  42. Shintani H. Ethylene Oxide Gas Sterilization of Medical Devices. *Biocontrol Sci*. 2017;22(1):1-16. DOI: 10.4265/bio.22.1.
  43. Калашников В.В., Гордеев А.В., Павлов Е.П., Бушманов Ю.А. Разработка и применение метода радиационной стерилизации в Федеральном медицинском биофизическом центре им. А. И. Бурназяна (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2014;10(4):844-849. Kalashnikov V.V., Gordeev A.V., Pavlov E.P., Bushmanov U.A. [Development and application of radiation sterilization method in Federal Medical and Biophysical centre n.a. A.I. Burnazyan (review)]. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2014;10(4):844-849.
  44. Moore T.M., Gendler E., Gendler E.. Viruses adsorbed on musculoskeletal allografts are inactivated by terminal ethylene oxide disinfection. *J Orthop Res*. 2004;22(6):1358-1361. DOI: 10.1016/j.orthres.2004.05.002.
  45. Trump J.G., Van De Graaff R.J. Irradiation of biological materials by high energy roentgen rays and cathode rays. *J Applied Physics*. 1948;19:599-604. DOI: 10.1063/1.1698178.
  46. Nguyen H, Morgan DA, Forwood MR. Sterilization of allograft bone: effects of gamma irradiation on allograft biology and biomechanics. *Cell Tissue Bank*. 2007;8(2):93-105. DOI: 10.1007/s10561-006-9020-1.
  47. Nguyen H., Morgan D.A., Forwood M.R. Sterilization of allograft bone: is 25 kGy the gold standard for gamma irradiation? *Cell Tissue Bank*. 2007;8(2):81-91. DOI: 10.1007/s10561-006-9019-7.
  48. Tallentire A. The Spectrum of Microbial Radiation Sensitivity. *Radiat Phys Chem*. 1980;15:83-89. DOI: 10.1016/0146-5724(80)90101-6.
  49. Dziejcz-Goclawska A., Kaminski A., Uhrynowska-Tyszkiewicz I., Stachowicz W. Irradiation as a safety procedure in tissue banking. *Cell Tissue Bank*. 2005;6(3):201-219. DOI: 10.1007/s10561-005-0338-x.
  50. Conway B., Tomford W., Mankin H.J., Hirsch M.S., Schooley R.T. Radiosensitivity of HIV-1-potential application to sterilization of bone allografts. *AIDS*. 1991;5(5):608-609.
  51. Шангина О.Р., Нигматуллин Р.Т. Влияние радиационной стерилизации на структуру и свойства биоматериалов. *Морфология*. 2006;129(3):44-47. Shangina O.R., Nigmatullin R.T. [Effect of radiation sterilization on biomaterial structure and properties]. *Morfologiya* [Morphology]. 2006;129(3):44-47.
  52. Шангина О.Р., Хасанов Р.А. Организационная структура и технологическая схема тканевого банка «ALLOPLANT®». *Технологии живых систем*. 2015;12(4):66-67. Shangina O.R., Khasanov R.A. [Organizational structure and technological scheme of "Alloplant®" tissue bank]. *Tekhnologii zhivyykh sistem* [Technologies of Living Systems]. 2015;12(4):66-67.
  53. Hoburg A., Keshlaf S., Schmidt T., Smith M., Gohs U., Perka C., Pruss A., Scheffler S. High-dose electron beam sterilization of soft-tissue grafts maintains significantly improved biomechanical properties compared to standard gamma treatment. *Cell Tissue Bank*. 2015;16(2):219-226. DOI: 10.1007/s10561-014-9461-x.
  54. Burton B., Gaspar A., Josey D., Tupy J., Grynpas M.D., Willett T.L. Bone embrittlement and collagen modifications due to high-dose gamma-irradiation sterilization. *Bone*. 2014;61:71-81. DOI: 10.1016/j.bone.2014.01.006.
  55. Loty B., Courpied J.P., Tomeno B., Postel M., Forest M., Abelanet R.. Bone allografts sterilised by irradiation. Biological properties, procurement and results of 150 massive allografts. *Int Orthop*. 1990;14(3):237-242.
  56. Wientroub S., Reddi A.H. Influence of irradiation on the osteoinductive potential of demineralized bone matrix. *Calcif Tissue Int*. 1988;42(4):255-260.
  57. Balsly C.R., Cotter A.T., Williams L.A., Gaskins B.D., Moore M.A., Wolfenbarger L. Jr. Effect of low dose and moderate dose gamma irradiation on the mechanical properties of bone and soft tissue allografts. *Cell Tissue Bank*. 2008;9(4):289-298. DOI: 10.1007/s10561-008-9069-0.
  58. Seto A., Gatt C.J. Jr, Dunn M.G. Radioprotection of tendon tissue via cross-linking and free radical scavenging. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(8):1788-1795. DOI: 10.1007/s11999-008-0301-9.
  59. Reid J., Sikka R., Tsoi W., Narvy S.J., Hedman T., Lee T.Q., Vangness C.T. Jr. Sterilization effects on the mechanical properties of human bone-patellar tendon-bone allografts. *Orthopedics*. 2010;33(4). DOI: 10.3928/01477447-20100225-06.
  60. Burgess H.W., Mackrell J., Toms D., Karunanidhi A., Vaidya S., Hollinger J.O., Grieb T.A., Bertenshaw G.P. Response of bone subjected to optimized high dose irradiation. *J Biomater Appl*. 2010;24(5):387-400. DOI: 10.1177/0885328208097088.
  61. Alanay A., Wang J.C., Shamie A.N., Napoli A., Chen C., Tsou P. A novel application of high dose rate (50kGy) gamma irradiation for demineralized bone matrix: effects on fusion rate in a rat spinal fusion model. *Spine J*. 2008;8(5):789-795. DOI: 10.1016/j.spinee.2007.06.009.
  62. Attia T., Woodside M., Minhas G., Lu X.Z., Josey D.S., Burrow T., Grynpas M., Willett T.L. Development of a novel method for the strengthening and toughening of irradiation-sterilized bone allografts. *Cell Tissue Bank*. 2017 May 30 [Epub ahead of print]. DOI: 10.1007/s10561-017-9634-5.
  63. Pruss A., Kao M., von Garrel T., Frommelt L., Gürtler L., Benedix F., Pauli G. Virus inactivation in bone tissue transplants (femoral heads) by moist heat with the 'Marburg bone bank system'. *Biologicals*. 2003;31(1):75-82.
  64. Shin S., Yano H., Fukunaga T., Ikebe S., Shimizu K., Kaku N., Nagatomi H., Masumi S. Masumi Biomechanical properties of heat-treated bone grafts. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125(1):1-5. DOI: 10.1007/s00402-004-0746-6.
  65. Vangness C.T. Jr, Mitchell W. 3rd, Nimni M., Erlich M., Saadat V., Schmotzer H. Collagen shortening. An experimental approach with heat. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;(337):267-271.
  66. Pruss A., Seibold M., Benedix F., Frommelt L., von Garrel T., Gürtler L., Dörffel Y., Pauli G., Göbel UB. Validation of the 'Marburg bone bank system' for thermodisinfection of allogenic femoral head transplants using selected bacteria, fungi, and spores. *Biologicals*. 2003;31(4):287-294.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Воробьев Константин Александрович* – младший научный сотрудник экспериментально-морфологического отделения ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Божкова Светлана Анатольевна* – д-р мед. наук, руководитель научного направления 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, Санкт-Петербург

*Черный Андрей Жоржевич* – канд. мед. наук, заместитель директора по лечебной работе ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Konstantin A. Vorobyov* – Researcher, Research Department of Experimental Morphology, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, 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, St. Petersburg, Russian Federation

*Andrey Zh. Cherny* – Cand. Sci. (Med), Clinical Director of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation



stock. Therefore, allografts based on demineralized bone with optimal properties for osteoregeneration are used as an alternative for autograft. For certain composite materials it is possible to program the properties of future graft by changing its compound. Literature analysis revealed that the effectiveness of the allograft in combination with additional components is comparable to autograft effectiveness. Mesenchymal stem cells of both bone marrow and adipose tissue can be used as an additional component to improve osteoregeneration. It is noteworthy that the analyzed studies did not reveal the influence of stem cells on the tumor recurrence. Nevertheless, the authors support the need of further researches in this area to confirm gained results.

Some authors still prefer traditional methods of bone traction despite obtaining own satisfactory results of defects reconstruction with allografts. Such opinion is based on proven effectiveness of the method, structural stability of construction during treatment period and ability to adjust the process of bone regeneration at any stage.

The authors goal was to analyze publications over the recent 5 years with the results of experiments and clinical studies on the replacement of large bone defects after bone tumor resection with auto- and allografts.

Based on the literature analysis the authors propose a general algorithm for graft selection in replacement of large bone defects after segmental bone resections.

**Keywords:** bone tumors, osteooncology, bone defect, bone reconstruction, bone resection, bone autograft, bone allograft.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-148-155.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

Замещение обширных костных дефектов, образующихся после сегментарных резекций костей по поводу новообразований, остается актуальной проблемой современной онкоортопедии. Известно, что аутотрансплантат — наиболее приемлемый материал для замещения костной ткани, однако в связи с небольшим объемом и физическими свойствами его использование ограничено [1]. Под предпочитаемыми физическими свойствами трансплантата подразумевается бóльшая устойчивость к нагрузкам, нежели у аутокости, которая смоделирована под заполняемый дефект. Основную проблему представляет замещение сегментарных дефектов, когда нормальная биомеханика нарушена, и структурная стабильность кости как органа может быть поставлена под угрозу [2, 3]. При замещении таких дефектов кости предпочитают использовать аллотрансплантат, несмотря на то, что при этом задействуется меньше механизмов регенерации по сравнению с аутотрансплантатом.

Одной из важных проблем также является необходимость васкуляризации всего трансплантата, поскольку из-за отсутствия соответствующей микроциркуляции не происходит восстановления кости. Таким образом, размер имплантата и его васкуляризация имеют решающее значение для жизнеспособности тканей, функции сухожилий и нервов [2, 4, 5]. Симпатическая нервная система радикальным образом влияет на регенерацию костной ткани, обуславливая плотность костной ткани, скорость репаративных процессов, активность остеобластов и остеокластов [4]. Частично такой эффект объясняется гипотезой о наличии у клеток костной ткани  $\beta 2$ -адренорецепторов [4].

Помимо обозначенных выше проблем, важную роль играет стабильность трансплантата, поскольку она влияет на частоту возникновения инфекционных осложнений и скорость репаративных процессов. В случае нестабильности конструкции возникает раздражение окружающих тканей, вызывающее воспалительный процесс, болевой синдром и другие клинические симптомокомплексы [6].

При замещении костных дефектов учитываются следующие онкологические аспекты.

1. Доброкачественным или злокачественным является удаленное образование. Этот аспект обуславливает хирургическую тактику резекции пораженного участка (соблюдение норм абластичности) и дальнейшее медицинское сопровождение в послеоперационном периоде [7–19].

2. Возраст пациента. У детей регенеративный потенциал костной ткани намного выше, чем у взрослых, вследствие чего становится возможным максимально физиологичное в конкретной ситуации восстановление кости. Дети требуют более деликатного подхода, так как оперативное вмешательство должно обеспечить сохранение функции и стабильности пораженного сегмента в динамике роста [20–24].

3. Локализация процесса и его характер (первичный или метастатический). Этот аспект влияет на объем резецированного участка и степень радикальности операции по удалению пораженного сегмента. Индивидуально определяется химиотерапевтическое сопровождение в послеоперационном периоде [25–29].

4. У пациентов пожилого и старческого возраста с метастазированием операция зачастую является паллиативной мерой, соответственно

корректируется и хирургическая тактика [30–33].

5. При повторных оперативных вмешательствах на том же сегменте, помимо принципов абластичности, определяющих объем резецированного участка, критически важным становится сохранение стабильности выбранной конструкции для регенерации удаленного фрагмента кости [32, 34].

Актуальность нашего обзора литературы обусловлена сложной перестройкой трансплантатов, поскольку при дефекте объемом более 4 см<sup>3</sup> реконструкция микроциркуляторного русла и, как следствие, регенерация костной ткани затруднены [35].

Дефекты костной ткани можно разделить на две группы:

— дефекты костной полости, не влияющие на биомеханику конечности, но препятствующие остеосинтезу или артропластике;

— сегментарные дефекты, отражающиеся на нормальной биомеханике и структурной стабильности кости как органа.

Такое разделение дефектов позволяет составить алгоритм выбора трансплантата при заданной патологии.

В качестве альтернативы аутооттрансплантатам перспективным материалом для замещения костных дефектов могут быть аллотрансплантаты на основе деминерализованной кости, которые обладают необходимыми остеоиндуктивными свойствами [35, 36]. Для некоторых композиционных материалов свойственны дополнительные эффекты за счет добавления в состав костнозамещающей композиции пластификаторов, придающих упруго-эластические свойства, различных лекарственных средств, стволовых клеток. Эффективность аллотрансплантата в комбинации с дополнительными компонентами сопоставима по результативности с применением аутокости, в том числе в отдаленном периоде [37, 38].

Исследования М. Gharedaghi с соавторами показали, что результаты применения аллотрансплантатов для замещения массивных костных дефектов после резекции как доброкачественной, так и злокачественной опухоли кости, практически не отличаются от применения аутокости [37]. К аналогичным выводам пришли и другие авторы [33, 39–48]. По данным литературы, 5-летняя выживаемость пациентов составляет 73% и выше, рецидивирование опухоли возникает менее чем в 13%, при этом авторы не связывают эти случаи с применением аллотрансплантата [39, 43, 48]. Они, скорее, обусловлены погрешностями в технике выполнения операционного вмешательства. Сообщается об удов-

летворительных результатах применения аллокости в ортопедической онкологии у пациентов детского возраста, при этом описывается случай массивной резорбции всего трансплантата [41, 45, 49].

При замещении нагружаемого участка кости аллотрансплантат оказывается недостаточно прочным, а его выживаемость в диапазоне от 5 до 10 лет составляет 75–83% [39].

В случае же тяжелого поражения кости с включением в процесс сустава, вместе с его тотальной резекцией показано выполнение эндопротезирования [6, 50–57]. D.A. Müller с соавторами в таких случаях предлагает дополнительно использовать аллокость, которая восполняет утраченный объем костной ткани [53]. Имеются данные, подтверждающие эффективность методики D.A. Müller с соавторами, приведены положительные результаты такого лечения. Так, K. Nakamura сообщает о выполнении эндопротезирования в сочетании с костной аллопластикой, что позволило получить хорошие функциональные результаты [58].

Некоторые авторы пишут о преимуществах комбинированного использования ауто- и аллотрансплантата, объясняя положительные результаты исследования тем, что аутооттрансплантат уже имел в своей структуре остеогенные и МСК клетки, обеспечивающие эффект стимуляции остеорегенерации, что особенно важно при заполнении больших дефектов [47, 59, 60].

R. Gougon в своем исследовании показал, что особенно деликатного подхода требуют пациенты детского возраста, в этих случаях четко должны быть определены показания для использования трансплантата того или иного типа [49]. А при лечении крупных дефектов кости, особенно при поражении области, подверженной высокой нагрузке, важным является применение методики с использованием поддерживающей и отграничивающей структуры по типу мембраны. Такой подход позволяет моделировать форму будущего регенерата. Анализируя результаты другого исследования, R. Gougon с соавторами отметили осложнения в качестве несращения дефекта у 35% больных, которые в дальнейшем были скорректированы. Среди пациентов детского возраста авторы описали единственный случай тотальной резорбции аллотрансплантата [41].

О возможностях использования аллогенного материала после резекции опухоли позвоночника единым блоком сообщают R.A. Glennie с соавторами [61]. При реконструкции дефекта более чем на одном уровне авторы рекомендуют использование аллотрансплантата или его ком-

бинацию с кейджем — полый каркасной вставкой между телами позвонков, относящейся к металлоконструкциям.

Перспективным является комбинирование пластичного, способного заполнить дефект различной формы, аллогенного материала с необходимыми химиопрепаратами, обладающими контролируемой десорбцией для поддержания эффективной концентрации на определенный период времени.

Об использовании стволовых клеток в качестве дополнительного компонента для улучшения остеорегенерации сообщают Р. Avril с соавторами [59]. Результаты их исследования показали, что после применения МСК не возникает рецидивирования костной опухоли, однако уже имеющиеся метастазы в легких могут прогрессировать. При применении стволовых клеток жировой ткани также не наблюдалось рецидивов. *In vivo* не выявлено воздействия МСК на опухолевые клетки. Тем не менее, авторы говорят о необходимости дальнейших исследований для подтверждения полученных результатов.

При невозможности использования алло- и аутотрансплантатов некоторые авторы предпочитают аппаратное вытяжение конечности. Основными положительными факторами такого метода являются его доказанная временем эффективность, стабильность и регулируемость процесса регенерации кости [62, 63]. Остеосинтезу с металлоконструкциями отдают предпочтение М.Р. Bus с соавторами, несмотря на собственные удовлетворительные результаты использования аллокости, объясняя это тем, что при использовании аллогraftов для замещения дефекта объемом более 15 см<sup>3</sup> возрастает частота осложнений [64].

В связи с все более широким использованием аллокости стали говорить о необходимости создания виртуального 3D-банка аллотрансплантатов. Это позволило бы осуществлять более точный подбор материала с учетом имеющихся результатов исследований, таких как КТ и МРТ, для замещения крупных дефектов костной ткани в ортопедической онкологии [65, 66]. Также имеется тенденция к заполнению таких дефектов материалами, изготовленными с помощью 3D-печати и имеющими в составе комбинацию костнозамещающего вещества и аллостружки [67].

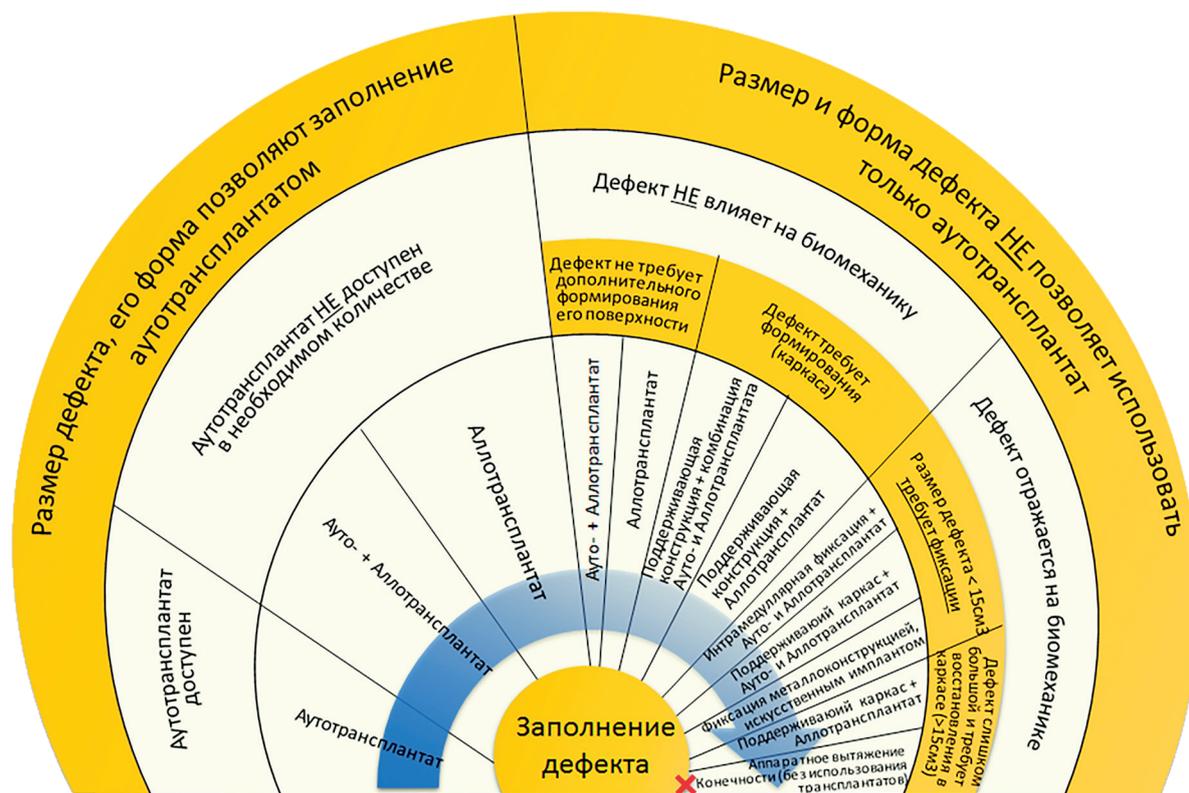
На основании данных литературы нами разработан алгоритм выбора трансплантата для замещения обширных дефектов после сегмен-

тарной резекции кости, который может служить основой для дифференцированного подхода к лечению. Алгоритм также может быть полезен при лечении пациентов с онкопатологией, с дополнительным проведением соответствующих противоопухолевых мероприятий.

Мы предлагаем разделить все поражения кости по принципу возможности использования аутологичной кости для замещения дефекта. Следующим критерием выбора трансплантата является тип дефекта кости, его влияние на биомеханику и структурную стабильность кости как органа, с учетом возможной необходимости в дополнительной внешней фиксации кости. В случае невозможности заполнения костного дефекта большого размера приведены данные о применении альтернативных методик: установка конструкции из никелида титана в качестве имплантата, лечение такого повреждения с использованием аппарата Г.А. Илизарова. При этом вопрос дополнительной внешней фиксации любого дефекта (вне предложенной тактики) решается хирургом в индивидуальном порядке в зависимости от стабильности повреждения. Также для каждого пациента в индивидуальном порядке должен решаться вопрос о химиотерапевтическом сопровождении.

Диаграмма построена слева направо от наиболее предпочитаемого к наименее предпочитаемому варианту лечения (рис.).

В ходе выбора тактики лечения мы предлагаем сначала определить, позволяют ли размер дефекта и его форма использовать аутотрансплантат. Самым предпочтительным вариантом является использование собственных тканей для заполнения костного дефекта. При отсутствии аутологичного материала в необходимом количестве допустима его комбинация с аллотрансплантатом, либо использование аллотрансплантатов в различной комбинации. Если на этапе определения размера и формы дефекта становится понятным, что использование только аутологичного материала невозможно, то определяется влияние дефекта кости на биомеханику. В случае биомеханически незначимого дефекта решается вопрос о необходимости дополнительного формирования «каркаса» в виде поддерживающих конструкций с последующим восполнением дефекта костной ткани в поддерживающем «каркасе» с помощью комбинаций ауто- и/или аллотрансплантата либо различными типами аллотрансплантатов в соответствии с существующими методиками лечения.



**Рис.** Алгоритм выбора трансплантата при замещении крупных костных дефектов: синяя стрелка указывает направление от наиболее к наименее предпочтительному варианту лечения; красный крест – заполнение дефекта каким-либо материалом не проводится

**Fig.** Algorithm of graft selection for large bone defects reconstruction

При наличии биомеханически значимого дефекта выбор способа его замещения зависит от размера дефекта. Замещение дефекта объемом менее 15 см<sup>3</sup> может выполняться различными методами: интрамедуллярная фиксация с комбинацией ауто- и аллотрансплантата; восстановление на поддерживающем «каркасе» с комбинацией ауто- и аллотрансплантата; фиксация дефекта с помощью искусственного имплантата (например, из никелида титана). Однако при дефекте объемом более 15 см<sup>3</sup> предпочтительнее выполнять аппаратное вытяжение пораженного сегмента без использования каких-либо имплантатов с привлечением профильных специалистов в зависимости от этиологии процесса.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

1. Qu H., Guo W., Yang R., Li D., Tang S., Yang Y., Dong S., Zang J. Reconstruction of segmental bone defect of long bones after tumor resection by devitalized tumor-bearing

bone. *World J Surg Oncol.* 2015;13:282. DOI: 10.1186/s12957-015-0694-3.

2. Guerado E., Caso E. Challenges of bone tissue engineering in orthopaedic patients. *World J Orthop.* 2017;8(2):87-98. DOI: 10.5312/wjo.v8.i2.87.
3. Glatz V., Evans C.H., Tetsworth K. A Concert between biology and biomechanics: the influence of the mechanical environment on bone healing. *Front Physiol.* 2016;7:678. DOI: 10.3389/fphys.2016.00678.
4. Elefteriou F., Campbell P., Ma Y. Control of Bone Remodeling by the Peripheral Sympathetic Nervous System. *Calcif Tissue Int.* 2014;94(1):140-151. DOI: 10.1007/s00223-013-9752-4.
5. Muramatsu K., Ihara K., Miyoshi T., Yoshida K., Iwanaga R., Hashimoto T., Taguchi T. Stimulation of neo-angiogenesis by combined use of irradiated and vascularized living bone graft for oncological reconstruction. *Surg Oncol.* 2012;21(3):223-229. DOI: 10.1016/j.suronc.2011.12.004.
6. Казарезов М.В., Прохоренко В.М., Королева А.М. Ортопедия и восстановительная хирургия. Новосибирск: ННИИТО, НПО «БРИЗ»; 2008. 448 с. Kazarevov M.V., Prokhorenko V.M., Koroleva A.M. [Orthopedics and reconstructive surgery]. Novosibirsk: NNIITO, NGO "BREEZE"; 2008. 448 p. (in Russian).
7. Балберкин А.В., Шавырин Д.А. Клиника, диагностика и хирургическое лечение опухолей костей области коленного сустава (обзор литературы). *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2013;(1):15-23.

- Balberkin A.V., Shavyrin D.A. [Clinic, diagnostics and surgical treatment of bone tumors of the knee joint region (literature review)]. *Sarkomy kostei, myagkikh tkanei i opukhvoli kozhi* [Sarcomas of Bone, Soft Tissue and Skin Tumors]. 2013;1:15-23. (in Russian).
8. Терсков А.Ю., Иванов В.В., Николаенко А.Н. Наша тактика в диагностике и лечении больных с гигантоклеточными опухолями костей. *Гений ортопедии*. 2013; (2):67-71.  
Terskov A.Ju., Ivanov V.V., Nikolaenko A.N. [Our tactics in diagnostics and treatment of patients with giant cell tumor of bone]. *Genij Ortopedii* [Orthopedic Genius]. 2013;(2): 67-71. (in Russian).
  9. Dittrich C., Kosty M., Jezdic S. et al. ESMO / ASCO Recommendations for a Global Curriculum in Medical Oncology. Edition 2016. *ESMO Open*. 2016;1(5):e000097. DOI: 10.1136/esmoopen-2016-000097.
  10. Fritzsche H., Schaser K.D., Hofbauer C. [Benign tumours and tumour-like lesions of the bone: general treatment principles]. *Orthopade*. 2017; 46(6):484-497. (in German). DOI: 10.1007/s00132-017-3429-z.
  11. Hillmann A., Gösling T. [Benign bone tumors. General principles]. *Unfallchirurg*. 2014;117(10):873-882. (in German). DOI: 10.1007/s00113-014-2577-4.
  12. Leavey P.J. Important principles in Ewing sarcoma treatment. *Pediatr Blood Cancer*. 2014;61(12):2149-2150. DOI: 10.1002/pbc.25214.
  13. Mavrogenis A.F., Angelini A., Vottis C., Palmerini E., Rimondi E., Rossi G., Papagelopoulos P.J., Ruggieri P. State-of-the-art approach for bone sarcomas. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015;25(1):5-15. DOI: 10.1007/s00590-014-1468-2.
  14. Panagopoulos G.N., Mavrogenis A.F., Mauffrey C., Lesenský J., Angelini A., Megaloikononimos P.D., Igoumenou V.G., Papanastassiou J., Savvidou O., Ruggieri P., Papagelopoulos P.J. Intercalary reconstructions after bone tumor resections: a review of treatments. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017;27(6):737-746. DOI: 10.1007/s00590-017-1985-x.
  15. Borzunov D.Y., Balaev P.I., Subramanyam K.N. Reconstruction by bone transport after resection of benign tumors of tibia: A retrospective study of 38 patients. *Indian J Orthop*. 2015;49(5):516-522. DOI: 10.4103/0019-5413.164042.
  16. Puri A., Gulia A., Byregowda S., Ramanujan V. Reconstruction of the elbow and forearm for Ewing sarcoma of ulna: A new biological technique. *Int J Shoulder Surg*. 2016;10(2):85-88. DOI: 10.4103/0973-6042.180721.
  17. Puri A. Limb salvage in musculoskeletal oncology: Recent advances. *Indian J Plast Surg*. 2014;47(2):175-184. DOI: 10.4103/0970-0358.138937.
  18. Puri A., Gulia A. Management of extremity soft tissue sarcomas. *Indian J Orthop*. 2011;45:301-306.
  19. Тихилов Р.М., Пташников Д.А., Михайлов И.М., Засульский Ф.Ю., Григорьев П.В. Оперативное лечение больных с гигантоклеточной опухолью костей. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена*. 2017;6(1):5-11.  
Tikhilov R.M., Ptashnikov D.A., Mikailov I.M., Zaslusky F.Yu., Grigoryev P.V. [Surgical treatment for giant cell tumor of the bones]. *Onkologiya. Zhurnal imeni P.A. Gertsena* [Herzen Journal of Oncology]. 2017;6(1):5-11. (in Russian).
  20. Ramphal R., Aubin S., Czaykowski P., De Pauw S., Johnson A., McKillop S., Szwajcer D., Wilkins K., Rogers P. Adolescent and young adult cancer: principles of care. *Curr Oncol*. 2016;23(3):204-209. DOI: 10.3747/co.23.3013.
  21. Садовой М.А., Мацук С.А., Сагдеев Д.О., Подорожная В.Т., Кирилова И.А., Мацук К.С. Хирургическое лечение костных опухолей у детей. *Травматология және ортопедия*. 2007;(2):134-137.  
Sadovoj M.A., Macuk S.A., Sagdeev D.O., Podorozh naya V.T., Kirilova I.A., Macuk K.S. [Surgical treatment of bone tumors in children]. *Travmatologiya zhene ortopediya* [Rheumatology and Orthopedics]. 2007;(2): 134-137. (in Russian).
  22. Нисиченко Д.В., Хестанов Д.Б., Михайлова Е.В., Харбедия В.Х., Илюшина О.В., Малахова А.А., Дзампаев А.З., Алиев М.Д. Субтотальная резекция большеберцовой кости в НИИ детской онкологии и гематологии ФГБУ «РОНЦ им. Н.Н. Блохина» Минздрава России. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи*. 2017;(1):52-58.  
Nisichenko D.V., Hestanov D.B., Mihajlova E.V., Harbedija V.H., Iljushina O.V., Malahova A.A., Dzampaev A.Z., Aliev M.D. [Subtotal resection of the tibia at the Research Institute of Pediatric Oncology and Hematology FGBI "RCRC. n.a. N.N. Blokhin" of the Ministry of Health of Russia]. *Sarkomy kostei, myagkikh tkanei i opukhvoli kozhi* [Sarcomas of Bone, Soft Tissue and Skin Tumors]. 2017;(1): 52-58. (in Russian).
  23. Nieminen J., Pakarinen T.K., Laitinen M. Orthopaedic reconstruction of complex pelvic bone defects. Evaluation of various treatment methods. *Scand J Surg*. 2013;102(1):36-41. DOI: 10.1177/145749691310200108.
  24. Ryzhikov D.V., Gubina E.V., Podorozhnaya V.T., Senchenko E.V., Sadovoy M.A. Repair of defects and osteosynthesis of long bones in children with osteoclastoma. *AIP Conference Proceedings*. 2016; 1760(1). 020059. DOI: 10.1063/1.4960278.
  25. Иванова М.В., Карпенко В.Ю., Бухаров А.В., Державин В.А. Эндопротезирование плечевого сустава при метастатическом поражении проксимального отдела плечевой кости на фоне иммуносупрессивной терапии. *Исследования и практика в медицине*. 2017; 4(1):58-62.  
Ivanova M.V., Karpenko V.Ju., Buharov A.V., Derzhavin V.A. [Endoprosthetics of the shoulder joint with a metastatic lesion of the proximal humerus on the background of immunosuppressive therapy]. *Issledovaniya i praktika v meditsine*. [Research and Practice in Medicine]. 2017;4(1):58-62.
  26. Khan Z., Hussain S., Carter S.R. Tumours of the foot and ankle. *Foot (Edinb)*. 2015;25(3):164-172. DOI: 10.1016/j.foot.2015.06.001.
  27. Gupta S.K., Alassaf N., Harrop A.R., Kiefer G.N. Principles of rotationplasty. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012; 20(10):657-667. DOI: 10.5435/JAAOS-20-10-657.
  28. Malviya A., Gerrand C. Evidence for orthopaedic surgery in the treatment of metastatic bone disease of the extremities: a review article. *Palliat Med*. 2012;26(6): 788-796. DOI: 10.1177/0269216311419882.
  29. Piccioli A., Maccauro G., Spinelli M.S., Biagini R., Rossi B. Bone metastases of unknown origin: epidemiology and principles of management. *J Orthop Traumatol*. 2015;16(2):81-86. DOI: 10.1007/s10195-015-0344-0.
  30. Cheng D., Yang J., Hu T., Yang Q. Efficacy of limb salvage with primary tumor resection simultaneously for solitary bone metastasis in limbs. *World J Surg Oncol*. 2015;14(1):31. DOI: 10.1186/s12957-016-0786-8.
  31. Gösling T., Becker-Schiebe M. [Surgical treatment of skeletal metastases]. *Unfallchirurg*. 2015;118(4):347-363. (in German). DOI: 10.1007/s00113-015-2742-4.
  32. Sclaro J.A., Lackman R.D. Surgical management of metastatic long bone fractures: principles and techniques.

- J Am Acad Orthop Surg.* 2014;22(2):90-100.  
DOI: 10.5435/JAAOS-22-02-90.
33. Wessling M., Pflugmacher R., Müller M.C., Kabir K., Pennekamp P.H. [Basic principles of surgical treatment of bone metastases]. *Z Orthop Unfall.* 2013;151(3):303-314; quiz 315. (in German).  
DOI: 10.1055/s-0032-1328634.
  34. Aponte-Tinao L.A., Ritacco L.E., Albergo J.I., Ayerza M.A., Muscolo D.L., Farfalli G.L. The principles and applications of fresh frozen allografts to bone and joint reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2014;45(2):257-269.  
DOI: 10.1016/j.ocl.2013.12.008.
  35. Кирилова И.А., Садовой М.А., Подорожная В.Т. Сравнительная характеристика материалов для костной пластики: состав и свойства. *Хирургия позвоночника.* 2012;(3):72-83.  
Kirilova I.A., Sadovoy M.A., Podorozhnaya V.T. [Comparative Characteristics of Materials for Bone Grafting: Composition and Properties]. *Khirurgiya pozvonochnika.* [Spine Surgery]. 2012;(3):72-83. (in Russian).
  36. Подорожная В.Т., Садовой М.А., Кирилова И.А., Шаркеев Ю.П., Легостаева Е.В. Аллогенные костные материалы: структура, свойства, применение. *Известия высших учебных заведений. Физика.* 2013;56(12-3):14-20.  
Podorozhnaya V.T., Sadovoy M.A., Kirilova I.A., Sharkeev Yu.P., Legostaeva E.V. [Allogeneic bone materials: structure, properties, application]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Fizika* [Proceedings of Higher Schools. Physics.]. 2013;56(12-3):14-20. (in Russian).
  37. Gharedaghi M., Peivandi M.T., Mazloomi M., Shoorin H.R., Hasani M., Seyf P., Khazaei F. Evaluation of Clinical Results and Complications of Structural Allograft Reconstruction after Bone Tumor Surgery. *Arch Bone Joint Surg.* 2016;4(3):236-242.
  38. Zamiri B., Shahidi S., Eslaminejad M.B., Khoshzaban A., Gholami M., Bahramnejad E., Moghadasali R., Mardpour S., Aghdami N. Reconstruction of human mandibular continuity defects with allogenic scaffold and autologous marrow mesenchymal stem cells. *J Craniofac Surg.* 2013;24(4):1292-1297.  
DOI: 10.1097/SCS.0b013e318294288a.
  39. Ayerza M.A., Piuze N.S., Aponte-Tinao L.A., Farfalli G.L., Muscolo D.L. Structural allograft reconstruction of the foot and ankle after tumor resections. *Musculoskelet Surg.* 2016;100(2):149-156.  
DOI: 10.1007/s12306-016-0413-4.
  40. Chen W.M., Wu P.K., Chen C.F., Chung L.H., Liu C.L., Chen T.H. High-grade osteosarcoma treated with hemiepicortical resection and biological reconstruction. *J Surg Oncol.* 2012;105(8):825-829.  
DOI: 10.1002/jso.23005.
  41. Gouron R. Surgical technique and indications of the induced membrane procedure in children. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(1 Suppl):S133-139.  
DOI: 10.1016/j.otsr.2015.06.027.
  42. Halim A.S., Chai S.C., Wan Ismail W.F., Wan Azman W.S., Mat Saad A.Z., Wan Z. Long-term outcome of free fibula osteocutaneous flap and massive allograft in the reconstruction of long bone defect. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2015;68(12):1755-1762.  
DOI: 10.1016/j.bjps.2015.08.013.
  43. Han G., Wang Y., Bi W., Jia J., Wang W., Xu M., Zheng X., Mei L., Yang M. Reconstruction using massive allografts after resection of extremity osteosarcomas the study design: A retrospective cohort study. *Int J Surg.* 2015;21:108-111.  
DOI: 10.1016/j.ijssu.2015.07.686.
  44. Houdek M.T., Wagner E.R., Stans A.A., Shin A.Y., Bishop A.T., Sim F.H., Bishop A.T., Sim F.H., Moran S.L. What Is the Outcome of Allograft and Intramedullary Free Fibula (Capanna Technique) in Pediatric and Adolescent Patients With Bone Tumors? *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(3):660-668. DOI: 10.1007/s11999-015-4204-2.
  45. Li J., Shi L., Chen G.J. Image navigation assisted joint-saving surgery for treatment of bone sarcoma around knee in skeletally immature patients. *Surg Oncol.* 2014;23(3):132-139. DOI: 10.1016/j.suronc.2014.04.004.
  46. Farfalli G.L., Aponte-Tinao L., Lopez-Millan L., Ayerza M.A., Muscolo D.L. Clinical and functional outcomes of tibial intercalary allografts after tumor resection. *Orthopedics.* 2012;35(3):e391-396.
  47. Nogueira Drumond J.M. Benign bone tumors and tumor-like bone lesions: treatment update and new trends. *Rev Bras Ortop.* 2015;44(5):386-390.  
DOI: 10.1016/S2255-4971(15)30267-6.
  48. Wang W., Wang Y., Bi W., Yang J., Han G., Ia J., Xu M., Liu G. Allogeneic bone transplantation for pelvic reconstruction of large skeletal defects after tumor resection. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2014;28(3):331-334. (in Chinese).
  49. Gouron R., Deroussen F., Plancq M.C., Collet L.M. Bone defect reconstruction in children using the induced membrane technique: a series of 14 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(7):837-843.  
DOI: 10.1016/j.otsr.2013.05.005.
  50. King J.J., Nystrom L.M., Reimer N.B., Gibbs C.P. Jr, Scarborough M.T., Wright T.W. Allograft-prosthetic composite reverse total shoulder arthroplasty for reconstruction of proximal humerus tumor resections. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016;25(1):45-54.  
DOI: 10.1016/j.jse.2015.06.021.
  51. Михайлов И.М., Григорьев П.В., Пташников Д.А., Майков С.В. Результаты эндопротезирования плечевого сустава у больных с новообразованиями проксимального отдела плечевой кости. *Травматология и ортопедия России.* 2014;(4):27-35.  
Mikhailov I.M., Grigoriev P.V., Ptashnikov D.A., Maykov S.V. [Results of the proximal humerus endoprosthetic reconstruction after tumour resection]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(4):27-35. (in Russian).
  52. Тихилов Р.М., Пташников Д.А., Засульский Ф.Ю., Михайлов И.М., Григорьев П.В., Плиев Д.Г. Ближайшие и среднесрочные результаты эндопротезирования тазобедренного сустава при опухолях проксимального отдела бедренной кости. *Травматология и ортопедия России.* 2014;(2):14-21.  
DOI: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-14-21.  
Tikhilov R.M., Ptashnikov D.A., Zasluskiy P.J., Mikhailov I.M., Grigoriev P.V., Pliev D.G. [Short and middle-term results of hip arthroplasty for tumors of the proximal femur]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(2):14-21. (in Russian).  
DOI: 10.21823/2311-2905-2014-0-2-14-21.
  53. Müller D.A., Beltrami G., Scoccianti G., Cuomo P., Capanna R. Allograft-prosthetic composite versus megaprosthesis in the proximal tibia. What works best? *Injury.* 2016;47(Suppl 4):S124-S130.  
DOI: 10.1016/j.injury.2016.07.043.
  54. Al Gheslyan F., Eltoukhy M., Zakaria K., Temple H.T., Asfour S. Comparison of gait parameters in distal femoral replacement using a metallic endoprosthesis versus allograft reconstruction. *J Orthop.* 2015;12(Suppl 1):S25-30. DOI: 10.1016/j.jor.2015.01.022.

55. Kotela A., Wilk-Frańczuk M., Żbikowski P., Łęgosz P., Ambroziak P., Kotela I. Revision knee arthroplasty in patients with inherited bleeding disorders: a single-center experience. *Med Sci Monit.* 2017;23:129-137.
56. Rudert M., Holzapfel B.M., von Rottkay E., Holzapfel D.E., Noeth U. Impaction bone grafting for the reconstruction of large bone defects in revision knee arthroplasty. *Oper Orthop Traumatol.* 2015;27(1):35-46. DOI: 10.1007/s00064-014-0330-3.
57. Sakellariou V.I., Babis G.C. Management bone loss of the proximal femur in revision hip arthroplasty: Update on reconstructive options. *World J Orthop.* 2014;5(5): 614-622. DOI: 10.5312/wjo.v5.i5.614.
58. Nakamura K., Ohishi M., Matsunobu T., Nakashima Y., Sakamoto A., Maekawa A. Tumor-induced osteomalacia caused by a massive phosphaturic mesenchymal tumor of the acetabulum: A case report. *Mod Rheumatol.* 2016:1-5. [Epub ahead of print]. DOI: 10.3109/14397595.2016.1173322
59. Avril P., Le Nail L.-R., Brennan M.Á., Rosset P., De Pinieux G., Layrolle P., Heymann D., Perrot P., Trichet V. Mesenchymal stem cells increase proliferation but do not change quiescent state of osteosarcoma cells: Potential implications according to the tumor resection status. *J Bone Oncol.* 2016;5(1):5-14. DOI: 10.1016/j.jbo.2015.11.002.
60. Kong Y., Wang Y.T., Hu Y., Han W., Chang Y.J., Zhang X.H., Jiang Z.F., Huang X.J. The bone marrow microenvironment is similarly impaired in allogeneic hematopoietic stem cell transplantation patients with early and late poor graft function. *Bone Marrow Transplant.* 2016; 51(2):249-255. DOI: 10.1038/bmt.2015.229.
61. Glennie R.A., Rampersaud Y.R., Boriani S., Reynolds J.J., Williams R., Gokaslan Z.L., Schmidt M.H., Varga P.P., Fisher C.G. A systematic review with consensus expert opinion of best reconstructive techniques after osseous en bloc spinal column tumor resection. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(Suppl 20):S205-S211.
62. Балаев П.И., Борзунов Д.Ю. Возможности костной пластики по Г.А. Иллизарову в восстановительном лечении пациентов с первичными опухолями костей голени. *Сибирский онкологический журнал.* 2013;1(55):59-64. Balaev P.I., Borzunov D.Ju. [Possibilities of bone reconstruction according to G.A. Ilizarov in the recovery treatment of patients with primary tumors of the lower leg]. *Sibirskii onkologicheskii zhurnal* [Siberian Oncology Journal]. 2013;1(55):59-64. (in Russian).
63. Khira Y.M., Badawy H.A. Pedicled vascularized fibular graft with Ilizarov external fixator for reconstructing a large bone defect of the tibia after tumor resection. *J Orthop Traumatol.* 2013;14(2):91-100. DOI: 10.1007/s10195-013-0225-3.
64. Bus M.P., Dijkstra P.D., van de Sande M.A., Taminiau A.H., Schreuder H.W., Jutte P.C., van der Geest I.C., Schaap G.R., Bramer J.A. Intercalary allograft reconstructions following resection of primary bone tumors: a nationwide multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(4):e26. DOI: 10.2106/JBJS.M.00655.
65. Wu Z., Fu J., Wang Z., Li X., Li J., Pei Y. Three-dimensional virtual bone bank system for selecting massive bone allograft in orthopaedic oncology. *Int Orthop.* 2015; 39(6):1151-1158. DOI: 10.1007/s00264-015-2719-5.
66. Горбатов Р.О., Нифтуллаев Р.М., Новиков А.Е. Прецизионные персонифицированные имплантаты для замещения костных дефектов при лечении пациентов с остеонкологией. *Современные проблемы науки и образования.* 2016;(6):247. Gorbator R.O., Niftullaev R.M., Novikov A.E. [Precision personalized implants to replace bone defects for treatment of patients with osteo-onkology]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2016;(6):247. (in Russian).
67. Kang S., Han I., Hong S.H., Cho H.S., Kim W., Kim H.S. The MRI appearances of cancellous allograft bone chips after the excision of bone tumours. *Bone Joint J.* 2015; 97-B(1):121-128. DOI: 10.1302/0301-620X.97B1.34517.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Анастасьева Евгения Андреевна* — клинический ординатор ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

*Садовой Михаил Анатольевич* — д-р мед. наук, профессор, директор ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

*Воропаева Анастасия Александровна* — канд. мед. наук, научный сотрудник лабораторно-экспериментального отдела ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

*Кирилова Ирина Анатольевна* — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель научно-исследовательского отдела ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Evgenia A. Anastasieva* — Clinical Resident, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

*Mikhail A. Sadovoy* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Director of Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

*Anastasia A. Voropaeva* — Cand. Sci. (Med.), Researcher, Laboratory and Experimental Department, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

*Irina A. Kirilova* — Dr. Sci. (Med.), Head of the Research Department, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

## Алексей Георгиевич БАИНДУРАШВИЛИ

26 августа 2017 г. исполнилось 70 лет Алексею Георгиевичу БАИНДУРАШВИЛИ — доктору медицинских наук, профессору, академику РАН, директору ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, заведующему кафедрой детской травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, главному детскому травматологу-ортопеду Комитета здравоохранения Санкт-Петербурга. Коллективы института и кафедры поздравляют своего руководителя с днем рождения и хотя бы сказать добрые слова о нем как о замечательном человеке, ученом, хирурге, педагоге, организаторе здравоохранения и администраторе.

Алексей Георгиевич — выпускник Первого Ленинградского медицинского института им. акад. И.П. Павлова 1971 года. Его жизнь более 45 лет связана с Научно-исследовательским детским ортопедическим институтом им. Г.И. Турнера. Он всегда с благодарностью вспоминает своих учителей, которые помогли ему овладеть нелегкой специальностью детского хирурга, травматолога-ортопеда, комбустиолога и пластического хирурга, и среди них первого наставника — профессора Н.Д. Казанцеву. В институте произошло его становление как ученого широкого профиля.

Алексей Георгиевич возглавляет НИДОИ им. Г.И. Турнера с 2005 г. Его авторитет ученого, детского хирурга, травматолога-ортопеда, энергия и безграничное трудолюбие вдохнули новую жизнь в работу института. Был построен и введен в эксплуатацию новый клинический корпус на 200 коек. Капитальный ремонт и реконструкция всех отделений улучшили условия пребывания маленьких пациентов и их родителей. Введены в эксплуатацию и оснащены новейшей медицинской аппаратурой 10 операционных, современное оборудование расширило возможности диагностики и реабилитации пациентов. Строится новое здание Центра реабилитации детей с патологией костно-мышечной системы.

Алексей Георгиевич активно внедряет инновационные проекты по развитию научных и клинических исследований в институте.



На базе института созданы Федеральный центр повреждений позвоночника и спинного мозга у детей, Центр лечения детей с последствиями спинно-мозговой грыжи, работают отделения артрогрипоза, челюстно-лицевой хирургии, реабилитации с применением уникальных роботизированных аппаратов, развиваются новые направления научных исследований, разрабатываются новые технологии диагностики, оперативного и восстановительного лечения. Улучшение условий труда персонала привело к интенсификации лечебного процесса, увеличению вдвое числа пролеченных пациентов, количества высокотехнологичных вмешательств и консультаций.

Особо стоит отметить, что А.Г. Баиндурашвили постоянно поддерживает молодых сотрудников института и способствует их профессиональному росту, заботится о врачах, обучающихся в клинической ординатуре. По его инициативе с 2013 г. в институте проводятся конференции молодых ученых на английском языке с международным участием.

В своих научных работах Алексей Георгиевич выступает не только как клиницист, но и как организатор здравоохранения. Он предложил пути совершенствования профилактики детского травматизма, участвовал в организации Городского детского ожогового центра, разработал и внедрил в его работу систему раннего хирургического лечения глубоких ожогов и реконструктивно-пластических операций для снижения тяжести их последствий. Много лет Алексей Георгиевич является Главным внештатным детским травматологом-ортопедом Комитета по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга.

С первых дней основания кафедры детской травматологии и ортопедии ГОУ ДПО «Санкт-Петербургская академия последипломного образования» (ныне ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России) Алексей Георгиевич был доцентом, затем профессором, а с 2001 г. заведует кафедрой. Сотни травматологов-ортопедов страны обучались на этой кафедре основам оказания помощи детскому населению, совершенствовали свое мастерство.

А.Г. Баиндурашвили ведет активную профессиональную, общественную и международную деятельность, являясь членом Диссертационных советов Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета, ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, членом международных научных обществ SICOT, EPOS и EWMA, Международного общества защиты детей. Он является вице-президентом Ассоциации травматологов-ортопедов России, учредителем и президентом Ассоциации детских ортопедов-травматологов Санкт-Петербурга, президентом Ассоциации «Чистая рана».

Алексей Георгиевич также является главным редактором учрежденного институтом научно-практического журнала «Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского

возраста», членом редакционных советов ряда научных журналов: «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», «Травматология и ортопедия России», «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии», «Хирургия позвоночника», «Политравма» и Journal of Childrens Orthopaedics.

В 2011 г. Алексей Георгиевич был избран членом-корреспондентом, а в 2016 г. — академиком Российской академии наук.

За добросовестную многолетнюю работу профессор А.Г. Баиндурашвили награжден почетным званием «Заслуженный врач Российской Федерации», знаком «Почетный донор России», удостоен Международной премии и почетного ордена Андрея Первозванного «За веру и верность», медалями «В память 300-летия Санкт-Петербурга» и «За заслуги перед отечественным здравоохранением», имеет благодарности и Почетные грамоты от Губернатора, Законодательного Собрания Санкт-Петербурга и Президента Российской Федерации.

Поздравляем Алексея Георгиевича с 70-летием. Желаем ему доброго здоровья, новых достижений в научно-клинической и организационной деятельности, талантливых учеников и последователей, благополучия и большого счастья.

*Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера*

*Кафедра детской травматологии и ортопедии*

*Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*

*Ассоциация детских ортопедов-травматологов Санкт-Петербурга*

Редакция журнала присоединяется к поздравлениям и желает юбиляру крепкого здоровья и долгих лет творческой жизни на благо науки!

## 50 лет кафедре травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. акад. А.Ф. Краснова Самарского государственного медицинского университета

Полвека назад в Куйбышевском государственном медицинском институте им. Д.И. Ульянова была организована кафедра травматологии и ортопедии. Инициатором ее открытия стал 38-летний ректор института профессор Александр Федорович Краснов — молодой, энергичный, нестандартно мыслящий ученый, бесконечно влюбленный в свою профессию. С именем А.Ф. Краснова связан целый этап развития Самарского здравоохранения. Выпускник Куйбышевского медицинского института, он своими делами всегда укрепил авторитет родного вуза. Как крупного организатора и известного общественного деятеля его всегда отличали высокий профессионализм, трудолюбие, верность традициям и глубокое знание проблем отрасли.

Приоритетным научным направлением А.Ф. Краснова и коллектива кафедры стала сухожильно-мышечная пластика при травмах и заболеваниях опорно-двигательной системы. Сотрудниками кафедры были разработаны и внедрены в практику десятки новых операций, обоснована в эксперименте и клинически подтверждена собственная концепция лечения

больных с последствиями полиомиелита, предложена общепризнанная классификация методов сухожильно-мышечной пластики, впервые при лечении больных травматолого-ортопедического профиля применена гипербарооксигенотерапия; создана стройная система медицинской реабилитации, включающая социальную и трудовую адаптацию пациентов.

Благодаря этим научным разработкам кафедра приобрела всероссийскую известность. Сотрудники кафедры А.Ф. Краснов, Г.П. Котельников, А.П. Чернов, А.М. Савин, М.В. Углова, В.Ф. Мирошниченко, В.М. Аршин в 1997 г. были удостоены Государственной премии РФ за разработку нового научно-практического направления в травматологии и ортопедии — клинической и экспериментальной теномиологии, сухожильно-мышечной пластики.

А.Ф. Краснов стал заслуженным деятелем науки РФ, академиком РАН, был избран первым Президентом Ассоциации травматологов и ортопедов России, созданной в связи с реорганизацией Всероссийского научно-практического общества травматологов-ортопедов.



С 2003 г., после избрания заведующим кафедрой профессора Геннадия Петровича Котельникова, в развитии кафедры начался новый этап. В его основе — профессиональная ориентированность выпускников вуза, привлечение в отрасль талантливой молодежи, совершенствование учебного процесса на основе инновационных образовательных технологий, создание условий для непрерывного профессионального развития врача травматолога-ортопеда, формирование мощной клинической базы кафедры. Результатом стало сплочение высокопрофессионального коллектива, способного выполнять сложнейшую триединую задачу: учить, лечить и заниматься наукой.

Впервые в стране в периферийном ВУЗе на одной кафедре стали работать два академика РАН: А.Ф. Краснов и Г.П. Котельников, были созданы две крупнейшие научно-педагогические школы. Научно-педагогическая школа А.Ф. Краснова включает в себя 63 ученика: 18 докторов и 45 кандидатов медицинских наук. Основным научным направлением школы стала сухожильно-мышечная пластика, благодаря которой были поставлены на ноги тысячи больных с последствиями полиомиелита. К 2005 г. на кафедре сформировалась вторая научно-педагогическая школа — Г.П. Котельникова, подготовившего 75 учеников: 25 докторов и 50 кандидатов медицинских наук. Созданная им технология гравитационной терапии получила официальный статус принципиально нового научного направления в медицине, что было отмечено премией Правительства РФ и национальной премией «Призвание». Сегодня академиком Г.П. Котельниковым налажено серийное производство центрифуги — это уникальный случай, когда научная идея прошла полный путь: от момента предложения до практической реализации.

Основными научными направлениями кафедры, руководимой академиком Г.П. Котельниковым, стали: сухожильно-мышечная пластика; гравитационная терапия; проблемы травматической болезни, нестабильности суставов; остеопороза; разработка новых оперативных методов лечения больных с деструктивно-дистрофическими заболеваниями органов опоры и движения; оценка результатов научных исследований с позиций доказательной медицины; применение современных клеточных технологий.

Г.П. Котельников — ректор Самарского государственного медицинского университета, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ и дважды лауреат премии Правительства РФ, заслуженный деятель науки РФ. Он —

вице-президент Ассоциации травматологов и ортопедов России, главный травматолог-ортопед Самарской области, председатель Совета ректоров вузов Самарской области, заместитель председателя Самарской губернской думы, Почетный гражданин Самарской области.

За особый вклад в развитие отечественной травматологии и ортопедии Г.П. Котельников одним из первых в стране награжден медалью им. Н.Н. Приорова. За монографию «Остеосинтез стержневыми и спицестержневыми аппаратами внешней фиксации» Г.П. Котельников удостоен премии имени академика Г.А. Илизарова.

Талантливый педагог и лектор, врач по призванию, Г.П. Котельников щедро отдает свои знания и богатейший опыт своим ученикам, готовя научно-педагогические и врачебные кадры в духе лучших традиций отечественной медицины. Отличительной особенностью руководимой им кафедры является системная, продуманная работа с молодежью. Огромной популярностью в вузе пользуется кафедральный студенческий научный кружок, занятия в котором проводит заведующий кафедрой.

Творческое сотрудничество кафедры с инновационными внутривузовскими структурами, созданными по инициативе ректора СамГМУ академика Г.П. Котельникова — центром прорывных технологий, технопарком, институтом экспериментальной медицины и биотехнологий позволяет разрабатывать, обосновывать в эксперименте и внедрять в повседневную клиническую практику новые способы хирургических вмешательств, инструменты, оборудование и уникальные пластические материалы. Сотрудники кафедры ежегодно выполняют сотни высокотехнологичных операций, включая различные варианты эндопротезирования и артроскопии.

Внедрению передовых способов диагностики и лечения патологии опорно-двигательной системы способствует расположение кафедры на базе мощных университетских клиник, в структуре которых функционируют отделения травматологии, взрослой и детской ортопедии, биомеханики, остеопороза, первые в нашей стране отделения гравитационной терапии и медицинской реабилитации. Восстановительное лечение, включающее применение многочисленных вариантов физиотерапии, интерактивных аппаратов с использованием принципа «обратной связи», современных тренажеров и занятий в собственном бассейне ежегодно помогают вернуть утраченное здоровье не только жителям Самарской области, но и пациентам из самых разных регионов страны.

Сотрудники кафедры составляют основу диссертационного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, плодотворно работающего при Самарском государственном медицинском университете. Забота о подготовке научно-педагогических кадров, умеющих мыслить клинически и обладающих организаторскими способностями стала основой того, что более двадцати сотрудников кафедры в ранге доцентов и профессоров перешли на самостоятельную работу, возглавив профильные кафедры медицинских вузов и отделения крупных лечебных и научных учреждений. Заведующими кафедрами стали профессора А.М. Савин, В.М. Аршин, С.И. Двойников, А.Н. Краснов, Н.Ф. Давыдкин, А.В. Яшков. После защиты докторской диссертации и мне в 1994 г. было доверено возглавить в родном вузе кафедру травматологии, ортопедии и поликлинической хирургии ИПО. Опыт, приобретенный благодаря моим учителям — академикам РАН А.Ф. Краснову и Г.П. Котельникову, оказал неоценимую помощь в процессе становления и дальнейшего развития новой кафедры.

На смену старшему поколению приходят молодые врачи. За прошедшие годы через системы ординатуры и аспирантуры на кафедре подготовлено свыше тысячи высококвалифицированных специалистов и научных работников.

За время работы кафедры изданы два национальных руководства для врачей «Травматология» и «Ортопедия»; 7 учебников для сту-

дентов медицинских вузов и последипломной подготовки врачей; 11 руководств для врачей; 25 монографий; 16 учебных пособий; 17 монотематических сборников научных работ; 15 методических рекомендаций; получено 146 патентов РФ на изобретения и полезные модели. Самара стала местом проведения двух Всероссийских съездов по травматологии и ортопедии (1984, 2006).

И, конечно же, главное достояние кафедры — это люди. Беззаветный труд ветеранов — профессоров А.П. Чернова и А.К. Повелихина, доцентов К.А. Ивановой и М.И. Бабковой, заведующих отделениями С.Г. Герасимовой, Н.К. Лапатухиной и О.Н. Бобровской, медицинских сестер В.Г. Ивановой, Л.А. Мавриной, В.Е. Блохиной и В.П. Косаревой способствовали превращению кафедры и клиники травматологии ортопедии в современный научно-учебно-лечебный центр.

Через год Самарскому государственному медицинскому университету исполнится 100 лет. Половину этого срока здесь успешно работает кафедра травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии, носящая имя своего основателя — академика А.Ф. Краснова. Ее сотрудники в тесном союзе с практическим здравоохранением продолжают вносить своим бескорыстным трудом весомый вклад в реализацию важнейшей цели, стоящей перед отечественной медициной — подготовку высококвалифицированных врачебных кадров, способствующую повышению качества и доступности медицинской помощи населению нашей страны.

**С.Н. Измалков**  
профессор,

*председатель Самарского отделения  
Ассоциации травматологов и ортопедов России,  
заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и поликлинической хирургии  
Института профессионального образования  
Самарского государственного медицинского университета*

.....

## **Международная конференция «ТРАВМА 2017: Мультидисциплинарный подход»**

*3–4 ноября 2017 г., г. Москва,  
МВЦ «Крокус Экспо», павильон № 3, этаж 4  
м. «Мякинино»*

Программа конференции охватывает широкий спектр вопросов травматологии и ортопедии. Особый акцент будет сделан на вопросах междисциплинарного взаимодействия при лечении пациентов с повреждениями опорно-двигательного аппарата.

В рамках конференции пройдет выставка современных медицинских технологий, оборудования и лекарственных препаратов.

В конференции «ТРАВМА 2016» приняли участие 1700 специалистов из 21 страны. Россия была представлена участниками из 175 городов 71 субъекта Федерации.

### **Основные вопросы программы:**

- Мультидисциплинарный подход к оказанию помощи больным с сочетанной травмой
- Неотложная хирургия при сочетанной травме: абдоминальная и торакальная травма
- Командное взаимодействие травматолога и анестезиолога-реаниматолога
- Повреждения таза и вертлужной впадины
- Изолированные и множественные повреждения конечностей и их последствия
- Современное применение технологий наружной фиксации
- Заболевания и повреждения суставов
- Травматология и ортопедия пожилого возраста
- Особенности диагностики повреждений у больных с сочетанной травмой
- Непрерывное обучение в травматологии, ортопедии: от студента к специалисту

### **Организаторы:**

- Министерство здравоохранения РФ
- Ассоциация травматологов-ортопедов России (АТОР)
- Ассоциация травматологов-ортопедов г. Москвы
- Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова
- Кафедра травматологии, ортопедии и ВПХ РНИМУ им. Н.И. Пирогова
- Кафедра травматологии и ортопедии ИПК ФМБА России
- Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова
- Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена
- Научно-исследовательский институт ревматологии им. В.А. Насоновой
- Медицинский факультет университета г. Аахен, Германия
- Российская ассоциация хирургов стопы и голеностопного сустава (RUSFAS)
- Ассоциация спортивных травматологов, артроскопических и ортопедических хирургов, реабилитологов (АСТАОР)
- Европейское общество травматологии и неотложной хирургии (ESTES)
- Закрытое профориентированное сообщество по травматологии и ортопедии  
CALCANEUS.RU

**Условия участия в конференции на сайте [www.2017.trauma.pro](http://www.2017.trauma.pro)**

**Технический организатор – ООО «Ивентариум»: +7 (926) 965-25-05**

.....

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

### Общие положения

В журнале «Травматология и ортопедия России» публикуются статьи по широкому кругу проблем травматологии и ортопедии, а также смежным специальностям: реконструктивно-восстановительной микрохирургии, комбустиологии, протезированию и др.

Журнал имеет следующие **основные рубрики**:

- Клинические исследования
- Теоретические и экспериментальные исследования
- Методы исследований
- Организация травматолого-ортопедической помощи
- Случаи из практики
- Новые технологии в травматологии и ортопедии
- Дискуссии
- Обзоры
- Письма в редакцию.

Также мы публикуем материалы к юбилейным и памятным датам, очерки по истории травматологии и ортопедии, отчеты о научно-практических конференциях и симпозиумах.

В разделах **«Клинические исследования»**, **«Теоретические и экспериментальные исследования»**, **«Методы исследований»** публикуются законченные оригинальные работы, в которых представлены результаты новых научных исследований, не опубликованные ранее в других изданиях.

В разделе **«Случаи из практики»** публикуются интересные и редкие клинические наблюдения с обязательным обсуждением и списком литературы по данной теме.

**Обзоры литературы** должны носить аналитический характер, отражать наиболее актуальные проблемы специальности, представляющие интерес для широкой читательской аудитории и основываться на анализе научной литературы за последние 5–10 лет. Обязательно следует указывать цель обзорной статьи, базы данных, в которых проводился информационный поиск, и его хронологические рамки. Объем обзорных статей не должен превышать 25–30 страниц, количество литературных источников – не более 100 наименований.

В разделе **«Письма в редакцию»** публикуются комментарии и критические замечания по поводу напечатанных ранее в журнале статей, а также ответные реплики затронутых в публикациях сторон (объем – до 4 страниц формата А4).

**Не допускается направление в редакцию работ, уже напечатанных или отправленных в другие редакции. Редакция имеет право редактировать и сокращать рукописи. Принятые статьи публикуются бесплатно. Рукописи статей авторам не возвращаются.**

### Порядок подачи рукописей

Основным способом подачи статьи является загрузка через сайт журнала. Для этого необходимо зарегистрироваться на сайте или, если у вас уже есть аккаунт на сайте, авторизоваться, используя ваш логин и пароль для входа, затем перейти в раздел «Подать статью» в личном кабинете (доступен для зарегистрированных и авторизованных пользователей).

В исключительных случаях, при невозможности отправить статью через сайт журнала, редакция принимает рукописи, присланные по электронной почте в форме присоединенных файлов на адрес редакции: journal@rniiito.org. Дата получения рукописи по электронной почте считается датой ее поступления в редакцию. В качестве дополнительного файла следует загрузить электронный вариант направления от организации, подтверждающего право автора на публикацию данного материала, заверенного печатью. В направлении должно быть указано, что представленный материал не был ранее опубликован или направлен в другие периодические издания с целью публикации, а также что в статье не содержится информации ограниченного доступа и она может быть опубликована в открытой печати.

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**, согласно которому автор передает свои права на использование произведения издателю. Электронный вариант заполненного и подписанного всеми авторами договора также следует загрузить в качестве дополнительного файла.

### Рецензирование

Этап **предварительного рецензирования** предусматривает оценку правильности оформления статей, соответствия ее требованиям журнала, качества списков литературы и перевода реферата на английский язык. Кроме того, все публикуемые материалы рассматриваются экспертом по статистике, который дает заключение о правильности статистической обработки материала. Если при предварительном рецензирова-

нии были выявлены недочеты, рукопись возвращается авторам на доработку.

Рукописи статей, прошедших предварительное рецензирование, направляются на **научное рецензирование**, которое организовано по принципу двойного слепого. В соответствии с ним рукописи направляются экспертам без указания авторов и их институциональной аффилиации. Аналогичным образом редакция не раскрывает личности экспертов авторам и третьим лицам в соответствии с общепринятыми международными стандартами экспертного рецензирования в научных журналах.

Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов, имеют научные звания и публикации по тематике рецензируемой статьи в течение последних 3 лет. Рецензирование осуществляется как членами редакционного совета, так и приглашенными рецензентами. Рецензенты уведомляются о том, что содержание присланных им рукописей не подлежит разглашению. Средний срок рецензирования составляет один месяц, но в некоторых случаях может быть продлен. Если рецензия не позволяет создать адекватное представление о рукописи и перспективах ее публикации, редакция может направить работу на повторное рецензирование другому эксперту.

Если рецензия содержит рекомендации по исправлению и доработке статьи, ответственный секретарь журнала направляет текст рецензии авторам. В течение трех месяцев статья должна быть представлена на повторное рецензирование. Если авторы нарушают эти сроки, статья рассматривается как вновь поступившая. Окончательное решение о публикации статьи принимается редколлегией журнала, после чего ответственный секретарь информирует об этом автора и указывает сроки публикации. В случае отказа в публикации статьи автору направляется мотивированный отказ. Рукописи статей и оригиналы рецензий хранятся в редакции журнала в течение пяти лет.

### Порядок оформления рукописей

Требования к оформлению рукописей обусловлены стремлением следовать общемировым тенденциям развития доказательной медицины и соответствовать международным стандартам качества научных изданий. Требования составлены на основании «Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы», разработанных Международным комитетом редакторов медицинских журналов (ICMJE) с учетом последних пересмотров ([www.ICMJE.org](http://www.ICMJE.org)).

Текст статьи печатается на одной стороне листа формата А4 с полуторными интервалами между строчками, стандартными полями (слева – 3 см, справа – 1 см, сверху и снизу – 2,5 см) и нумера-

цией страниц (сверху в центре, первая страница – без номера). Текст можно печатать в редакторе Word любой версии шрифтом Times New Roman, 14 кеглем, **без переносов**.

В редакцию должны быть представлены 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:

- Название статьи.
- Структурированное резюме на русском языке объемом 300–400 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 понята суть статьи, в нем следует приводить фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Сокращений следует избегать.

• Ключевые слова или словосочетания (от 3 до 6), которые будут способствовать правильному индексированию статьи. Рекомендуется использовать термины из списка медицинских предметных заголовков U.S. National Library of Medicine (Medical Subject Headings): <https://meshb-prev.nlm.nih.gov/#/fieldSearch>

- Текст статьи с таблицами и рисунками по месту их упоминания.
- Информация о конфликте интересов и финансировании.
- Благодарности (если таковые имеются).
- Список литературы.

#### 2. Титульный лист:

- Название статьи.
- Фамилии и инициалы авторов.
- Полное наименование учреждения, в котором работают авторы в именительном падеже с обязательным указанием статуса организации (аббревиатура перед названием) и ведомственной принадлежности; город, страна, почтовый адрес. Если авторы работают в разных организациях, принадлежность их к своему учреждению обозначается цифрами.

• e-mail 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.

#### 4. Информация на английском языке:

- заглавие статьи;
- транслитерация фамилий авторов в латинском алфавите (<http://www.translit.ru> (вариант BSI));
- название организации с указанием города, страны и почтового адреса, 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**

#### Структура научных статей

**Во введении** описывается состояние изучаемой проблемы, ее актуальность и значимость. Следует упомянуть опубликованные работы по данной теме, обозначить их достоинства и недостатки, то есть показать необходимость проведения исследования. Объем данного раздела не должен превышать одной страницы. В конце раздела указывается цель исследования или гипотеза, проверяемая исследованием или наблюдением.

В раздел **«Материал и методы»** необходимо включать только ту информацию, которая была доступна на момент составления плана или протокола исследования. Вся информация, полученная во время исследования, указывается в разделе **«Результаты»**. Сокращения и аббревиатуры расшифровываются при первом их использовании в тексте и в дальнейшем используются в неизменном виде. В данном разделе должны быть четко отражены следующие моменты: тип исследования; способ отбора участников исследования; методика проведения измерений; способы представления и обработки данных; этические принципы. Детально следует описывать только новые методы. На ранее опубликованные и общеизвестные достаточно сослаться в списке литературы.

Следует четко описать принципы, в соответствии с которыми проводился отбор участников клинического исследования или эксперимента (пациенты или лабораторные животные, включая контрольные группы), указывая при этом критерии соответствия и исключения. В связи с тем, что значение таких показателей, как пол и возраст, для цели исследования не всегда ясно, авторам следует объяснить, почему, например, они включили в исследование только участников определенного возраста, или почему исключили женщин. Ведущим принципом должна быть ясность по поводу того, как и почему исследование было выполнено именно так.

Поскольку рукописи подвергаются двойному слепому рецензированию, не следует указывать учреждение, на базе которого выполнялось исследование.

Рекомендуется использовать название действующего вещества, а не торгового (коммерческого названия). Обязательно должны указываться названия аппаратуры, оборудования, реактивов и т.д. с указанием фирмы-изготовителя.

#### **Защита участников исследований**

При представлении результатов исследований с участием человека авторы должны указать, были ли проведены процедуры оценки протокола исследования официальным комитетом по этике (локальным и национальным) или, в его отсутствие – соответствует ли исследование требованиям Хельсинкской декларации пересмотра 2013 г. ([www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html](http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html)). Пациенты имеют право на защиту информации личного характера, которая не может быть раскрыта без информированного согласия. Персональная информация, включающая имена, инициалы или номера историй болезни, не должна публиковаться ни в письменном виде, ни в виде фотографий, если только она не является необходимой для научных целей. В частности, для обеспечения анонимности достаточно замаскировать на фотографии область глаз пациента. Пациент (родитель или опекун) должен предоставить письменное информированное согласие на подобную публикацию. При получении информированного согласия опознаваемому пациенту необходимо показать рукопись, которая будет публиковаться. Авторы должны сообщить пациенту, будут ли его персональные сведения доступны в Интернете или в печатных изданиях после публикации рукописи. С учетом соответствующих требований и законодательства письменное согласие пациента должно храниться у авторов. Автор должен предоставить журналу письменное заявление о получении и архивировании письменного согласия пациента.

При описании экспериментов на животных авторы должны указать, действовали ли они в соответствии с локальными и национальными стандартами по использованию и обращению с лабораторными животными. Дальнейшие указания в отношении этических норм, касающихся животных, представлены в консенсусном руководстве по вопросам этики и благополучия животных, разработанном Международной ассоциацией редакторов ветеринарных журналов (<http://veteditors.org/ethicsconsensusguidelines.html>).

При представлении сведений об экспериментах на животных авторам следует указать, действовали ли они в соответствии с местными и национальными руководствами по уходу и использованию лабораторных животных, а также «Европейской конвенцией о защите позвоночных

животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (<http://conventions.coe.int/Treaty/RUS/Treaties/Html/123.htm>).

### **Статистическая обработка результатов исследования**

Обязательно следует описать используемые статистические методы. Желательно представить количественную оценку данных и указать соответствующие параметры, отражающие ошибку измерения либо вероятностный характер результатов (например, доверительные интервалы). Не следует полагаться только на проверку статистической гипотезы, например, определение значений  $p$ , поскольку можно ошибиться в подаче важной информации о величине эффекта. Если для обработки данных применяется пакет статистических программ, следует указывать его название и версию.

Материал раздела «**Результаты исследования**» следует излагать в логической последовательности. Вместо объемных таблиц лучше использовать графики, но при этом не должно быть дублирования данных в графиках, таблицах и тексте. При обобщении данных следует представлять числовые результаты не только в виде производных (например, процентов), но и в виде абсолютных значений, на основании которых были рассчитаны эти производные.

Вместо формулировок  $p < 0,05$ ;  $p > 0,05$  или «различия не значимы» следует указывать абсолютное значение величины  $p$  с точностью до тысячных долей (например,  $p = 0,023$ ). Помимо достигнутого уровня значимости рекомендуется приводить фактические значения критериев и число степеней свободы. Следует помнить, что выявление статистически значимых различий еще не означает наличия достоверных или клинически важных различий, а также причинно-следственных связей.

В разделе «**Обсуждение**», который является обязательным для всех статей, приводится интерпретация полученных результатов и сопоставление их с данными отечественной и зарубежной литературы. Вместо перечисления предыдущих исследований следует объяснить, почему полученные результаты отличаются от результатов, полученных другими авторами, или совпадают с ними. Не надо повторять фактические данные или другую информацию, представленную в разделах «Введение» или «Результаты». Акцентируйте внимание на новых и важных аспектах исследования и выводах, следующих из них, в контексте современной доказательной базы. Следует критически описать имеющиеся ограничения и недостатки данного исследования, особенно если они

оказали существенное влияние на полученные результаты или их интерпретацию, а также преимущества проведенного исследования по сравнению с аналогичными исследованиями других авторов. Укажите возможность применения полученных результатов в будущих исследованиях и клинической практике.

**Выводы** необходимо сопоставлять с целями исследования, избегая неквалифицированных заявлений и выводов, неподтвержденных фактами. Не стоит заявлять о первостепенной значимости исследования или ссылаться на работу, которая полностью не закончена.

**Информация о конфликте интересов.** Конфликтом интересов может считаться любая ситуация (финансовые отношения, служба или работа в учреждениях, имеющих финансовый или политический интерес к публикуемому материалу, должностные обязанности и др.), способная повлиять на автора рукописи и привести к сокрытию, искажению данных или изменить их трактовку. Выявленное редакцией сокрытие потенциальных и явных конфликтов интересов со стороны авторов может стать причиной отказа в рассмотрении и публикации рукописи. Необходимо также указать источник финансирования научной работы (фонд, коммерческая или государственная организация, частное лицо и др.). Если вышеперечисленные аспекты работы проводились без участия спонсоров, авторы должны это также указать.

**Иллюстрации следует вставить в текст статьи, а также представить отдельными файлами в формате TIFF или JPEG с реальным разрешением 300–600 dpi.** Иллюстрации должны быть четкими и контрастными, их общее количество не должно превышать 15 (учитываются все рентгенограммы, фотографии в сгруппированных иллюстрациях). Не допускается тройная нумерация, например рис. 1 а-1, 2 б-2 и т.д. Все рисунки (фотографии, рентгенограммы, графики, диаграммы, схемы) должны иметь последовательную нумерацию, а нумерация цифровых файлов должна соответствовать их номеру в тексте статьи. Диаграммы и графики следует представлять в файлах Excel. Перед каждым рисунком в тексте обязательно должна быть ссылка. Символы, стрелки или буквы, используемые на фотографиях, должны контрастировать с фоном. Подписи к иллюстрациям располагаются непосредственно под рисунком. Все обозначения и надписи на рисунках (в т. ч. графиках и диаграммах) должны быть на русском и английском языках. В подписях к микрофотографиям обязательно следует указывать метод окраски и увеличение. Если рисунок публиковался ранее, необходимо указать ссылку на оригинальный источник

и получить письменное разрешение от владельца авторских прав на его репродукцию за исключением документов, находящихся в общественном доступе.

**Таблицы**, количество которых в тексте не должно превышать шести, позволяют представить информацию с любым желаемым уровнем точности и детализации. 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. Следует уточнить, какие параметры статистической вариативности, например, стандартное отклонение или стандартная ошибка среднего, были оценены.

**В список литературы** включаются все источники литературы, цитируемые в тексте статьи. Не допускается делать ссылки на учебную и методическую литературу. Нормативные документы (ГОСТы, инструкции, приказы), а также патенты на изобретения приводятся в примечаниях или в скобках после их упоминания в тексте статьи. Диссертации и авторефераты диссертаций, которые являются неопубликованными документами, следует заменять статьями автора по теме диссертации.

Не следует включать в список тезисы научных конференций: их можно привести в тексте, в скобках. Ссылки на принятые в печать, но еще не опубликованные статьи следует указывать как «в печати» или «готовится к выпуску». При ссылке на электронные ресурсы надо давать точный адрес страницы в Интернете. Библиографические ссылки в тексте должны даваться цифрами в квадратных скобках в соответствии со списком литературы в конце статьи. Количество литературных источников в списке не должно превышать 40 наименований, для обзоров литературы – 100.

**Ссылки должны быть пронумерованы последовательно, в соответствии с порядком их упоминания в тексте («по мере цитирования»).**

Сокращения названий иностранных журналов должны соответствовать сокращениям, принятым в MEDLINE, без точек. Список цитируемой литературы составляется с указанием фамилий и инициалов **всех авторов**. Требования к оформлению списка литературы основаны на стиле NLM (Национальной медицинской библиотеки США), адаптированном для MEDLINE ([HTTP://WWW.NCBI.NLM.NIH.GOV/BOOKS/NBK7256/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256/)).

Оформление списка литературы должно удовлетворять требованиям международных баз данных. В связи с этим при описании русскоязычных источников под тем же порядковым номером необходимо дополнительно указывать следующую информацию для цитирования на латинице: транслитерация фамилий и инициалов авторов + перевод названий статей на английский язык в квадратных скобках + транслитерация названия журнала + перевод названия журнала на английский язык. На сайте <http://www.translit.ru/> (вариант BSI) можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

Многие зарубежные и русскоязычные статьи зарегистрированы в системе CrossRef и имеют уникальный идентификатор цифрового объекта – Digital Object Identifier (DOI), который необходимо указывать в конце библиографической ссылки. Проверять наличие DOI следует на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com> путем введения в поисковую строку названия статьи на английском языке.

**Список литературы должен быть пронумерован автоматически. Ручная нумерация не допускается!**

**Готовый список литературы должен выглядеть следующим образом:**

1. Алексеева Л.И. Препараты замедленного действия в лечении остеоартроза. *Русский медицинский журнал*. 2012;(7):389-393.

Alekseeva L.I. [Preparations delayed action in the treatment of osteoarthritis]. *Russkii meditsinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2012;(7):389-393. (in Russian).

2. Лескова И.В., Ермаков Д.Н., Матушевская Е.Г., Нишнианидзе О.О. Социально-медицинские аспекты нормализации массы тела. *Ожирение и метаболизм*. 2016;13(4):49-52.

DOI: 10.14341/OMET2016449-52.

Leskova I.V., Ermakov D.N., Matushevskaya E.G., Nishnianidze O.O. [Socio-medical aspects of the normalization of body mass]. *Ozhirenie i metabolism* [Obesity and metabolism]. 2016;4(13):49-52. (in Russian). DOI: 10.14341/OMET2016449-52.

DOI: 10.14341/OMET2016449-52.

3. Keeney J.A., Nunley R.M., Baca G.R., Clohisey J.C. Are younger patients undergoing THA appropriately characterized as active? *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(3):1083-1092.

DOI: 10.1007/s11999-014-3952-8.