

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



# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

TRAUMATOLOGY  
AND ORTHOPEDICS  
OF RUSSIA

2023 • Т. 29 • № 3

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

# Травматология и ортопедия России

Том 29, Выпуск 3, 2023

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1993 г.

## УЧРЕДИТЕЛИ

- ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России
- ООО «Эко-Вектор»

## ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»  
Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург,  
Аптекарский пер., д. 3, литера А, помещение 1Н  
E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)  
<https://eco-vector.com>  
тел.: +7(812)648-83-67

## РЕДАКЦИЯ

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

## ИНДЕКСАЦИЯ

Scopus  
Emerging Sources Citation Index (Web of Science)  
RSCI на платформе Web of Science  
РИНЦ  
Google Scholar  
BASE  
Dimensions  
DOAJ (Directory of Open Access Journals)  
Ulrich's Periodicals Directory  
WorldCat  
OpenAIRE

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал зарегистрирован Госкомитетом печати, телерадиовещания и массовых коммуникаций 12 апреля 1993 г. (Свидетельство № 0110540). Перерегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия СМИ 10 декабря 2021 г. (Свидетельство о регистрации ПИ № Фс77-82474)



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

Распространяется по подписке:  
Индекс **ПНО30** в каталоге «Почта России»;  
Индекс **33020** в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакторы Колесникова И.В., Шен А.С.  
Технический редактор Гаврилова С.В.  
Переводчики: Сергеева М.А., Мальшев В.И.

ООО «Типография Лесник», 197183, Санкт-Петербург,  
ул. Сабиrowsкая, д. 37.  
Цена свободная.

## Главный редактор

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

## Заместитель главного редактора

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

## Ответственный секретарь

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*Ахтямов И.Ф.* – д-р мед. наук, профессор (Казанский ГМУ, Казань, Россия)  
*Баиндурашвили А.Г.* – академик РАН, д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия)  
*Беленький И.Г.* – д-р мед. наук (СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия)  
*Белов М.В.* – канд. мед. наук (Клиническая больница скорой медицинской помощи им. Н.В. Соловьевы, Ярославль, Россия)  
*Божкова С.А.* – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)  
*Борзунов Д.Ю.* – д-р мед. наук (Уральский ГМУ, Екатеринбург, Россия)  
*Губин А.В.* – д-р мед. наук, профессор (Санкт-Петербургский ГУ, Санкт-Петербург, Россия)  
*Дубров В.Э.* – д-р мед. наук, профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия)  
*Дулаев А.К.* – д-р мед. наук, профессор (ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия)  
*Загра Л.* – д-р медицины, профессор (Ортопедический институт Галеацци, Милан, Италия)  
*Корнилов Н.Н.* – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)  
*Королев А.В.* – д-р мед. наук, профессор (ЕССТО, Москва, Россия)  
*Корыткин А.А.* – канд. мед. наук (Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)  
*Кочиш А.Ю.* – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)  
*Кренн В.* – д-р медицины, профессор (Центр гистологии, цитологии и молекулярной диагностики, Трир, Германия)  
*Кульджанов Д.* – д-р медицины, профессор (Университетская клиника, Сент-Луис, США)  
*Маланин Д.А.* – д-р мед. наук, профессор (Волгоградский ГМУ, Волгоград, Россия)  
*Мироманов А.М.* – д-р мед. наук, профессор (Читинская ГМА, Чита, Россия)  
*Митрофанов В.Н.* – канд. мед. наук (Приволжский исследовательский медицинский университет, Н. Новгород, Россия)  
*Мурылев В.Ю.* – д-р мед. наук, профессор (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия)  
*Парвизи Дж.* – д-р медицины, профессор (Институт Ротмана, Филадельфия, США)  
*Перка К.* – д-р медицины, профессор (Центр скелетно-мышечной хирургии Университетской клиники Шарите, Берлин, Германия)  
*Пташников Д.А.* – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)  
*Рябых С.О.* – д-р мед. наук (РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия)  
*Серета А.П.* – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)  
*Соломин Л.Н.* – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)  
*Томсен М.* – д-р медицины, профессор (Клиника Миттельбаден, Баден-Баден, Германия)  
*Хоминец В.В.* – д-р мед. наук, профессор (ВМедА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия)  
*Хубэ Р.* – д-р медицины, профессор (Центр эндопротезирования, Мюнхен, Германия)

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://journal.rniito.org>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя и редакции, ссылка на журнал обязательна.

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

# Traumatology and Orthopedics of Russia

Vol. 29, N 3, 2023

QUARTERLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL PEER-REVIEWED JOURNAL

Journal founded in 1993

## FOUNDERS

- Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics
- Eco-Vector

## PUBLISHER

Eco-Vector  
Address: 3A, Aptekarskiy lane, office 1N,  
St. Petersburg, 191186, Russia  
e-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)  
<https://eco-vector.com>  
Phone: +7(812)648-83-67

## EDITORIAL OFFICE

Address: 8, Akademika Baikova st.,  
St. Petersburg, Russia, 195427  
e-mail: [journal@rniito.org](mailto:journal@rniito.org)  
<https://journal.rniito.org>  
Phone: +7(812)670-86-84

## INDEXING

Scopus  
Emerging Sources Citation Index  
(Web of Science)  
Russian Science Citation Index  
Google Scholar  
Directory of Open Access Journals (DOAJ)  
WorldCat  
BASE  
Dimensions  
Ulrich's Periodicals Directory  
OpenAIRE

The journal is listed among the peer-reviewed scientific periodicals recommended by Higher Attestation Commission at the Ministry of Education and Science.

The journal is registered by Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications.  
Registration certificate PI No. FC77-82474 was issued on December 10, 2021.



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

Editors: I.V. Kolesnikova, A.S. Shen  
Layout: S.V. Gavrilova  
Translators: M.A. Sergeeva, V.I. Malyshev

Printed in "Typography Lesnik",  
197183, St. Petersburg, Sabirovskaya st., 37.  
Free price.

© Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia), 2023  
© Eco-Vector, 2023

## Editor-in-Chief

Rashid M. Tikhilov – Dr. Sci. (Med.), Professor  
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

## Deputy Editor-in-Chief

Igor I. Shubnyakov – Dr. Sci. (Med.)  
(Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)

## Executive secretary

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

## EDITORIAL BOARD

*Ildar F. Akhtyamov* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kazan State Medical University, Kazan, Russia)  
*Aleksey G. Baindurashvili* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia)  
*Igor G. Belenkiy* – Dr. Sci. (Med.) (St. Petersburg Dzhanelidze Emergency Research Institute, St. Petersburg, Russia)  
*Mikhail V. Belov* – Cand. Sci. (Med.) (Solovyov Clinical Emergency Hospital, Yaroslavl, Russia)  
*Svetlana A. Bozhkova* – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Dmitry Yu. Borzunov* – Dr. Sci. (Med.) (Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia)  
*Aleksander V. Gubin* – Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia)  
*Vadim E. Dubrov* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)  
*Aleksander K. Dulaev* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Pavlov University, St. Petersburg, Russia)  
*Luigi Zagra* – MD, Professor (Galeazzi Orthopedic Institute, Milan, Italy)  
*Nikolai N. Kornilov* – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Andrey V. Korolev* – Dr. Sci. (Med.), Professor (European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia)  
*Andrey A. Korytkin* – Cand. Sci. (Med.) (Tsvivan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)  
*Aleksander Yu. Kochish* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Veit Krenn* – MD, Professor (Center for Histology, Cytology and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)  
*Djoldas Kuldjanov* – MD, Professor (University Hospital, St. Louis, USA)  
*Dmitry A. Malanin* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia)  
*Alexander M. Miromanov* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Chita State Medical Academy, Chita, Russia)  
*Vyacheslav N. Mitrofanov* – Cand. Sci. (Med.) (Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia)  
*Valery Yu. Murylev* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia)  
*Javad Parvizi* – MD, Professor (Rothman Institute, Philadelphia, USA)  
*Carsten Perka* – MD, Professor (Charité – University Medicine, Berlin, Germany)  
*Dmitry A. Ptashnikov* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Sergey O. Ryabykh* – Dr. Sci. (Med.) (Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia)  
*Andrey P. Sereda* – Dr. Sci. (Med.) (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Leonid N. Solomin* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Marc Thomsen* – MD, Professor (Mittelbaden Clinics Baden-Baden Balg, Baden-Baden, Germany)  
*Vladimir V. Khominets* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia)  
*Robert Hube* – MD, Professor (Center of Arthroplasty, Munich, Germany)

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://journal.rniito.org>. Permissions to reproduce material must be obtained in writing to the publisher and retained in order to confirm the legality of using reproduced materials.



## СОДЕРЖАНИЕ

## КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<b>Шубняков И.И., Риахи А., Серета А.П., Черкасов М.А., Хужаназаров И.Э., Тихилов Р.М.</b> Что изменила модификация бедренного компонента Zweymüller? .....	5
<b>Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Рукин Я.А., Музыченков А.В., Руднев А.И., Жучков А.Г., Алексеев С.С., Бобров Д.С., Германов В.Г.</b> Сравнительная оценка использования индивидуальных 3D-компонентов и стандартных имплантатов для реконструкции вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании.....	18
<b>Климов В.С., Халепа Р.В., Амелина Е.В., Евсюков А.В., Кривошапкин А.Л., Рябых С.О.</b> Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста.....	31
<b>Рязанцев М.С., Логвинов А.Н., Ильин Д.О., Магнитская Н.Е., Зарипов А.Р., Фролов А.В., Афанасьев А.П., Королев А.В.</b> Влияние заднего наклона большеберцовой кости на риск рецидива после реконструкции передней крестообразной связки .....	46
<b>КОММЕНТАРИИ</b>	
<b>Корнилов Н.Н.</b> Редакционный комментарий к статье М.С. Рязанцева с соавторами «Влияние заднего наклона большеберцовой кости на риск рецидива после реконструкции передней крестообразной связки» .....	53
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	
<b>Щудло Н.А., Ступина Т.А., Варсегова Т.Н.</b> Структурная реорганизация диафиза III плюсневой кости после аутогенной пластики большеберцовой порции седалищного нерва .....	56
<b>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ</b>	
<b>Олейник А.В., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Кочиш А.Ю., Разумова К.В., Биназаров А.Е., Майоров Б.А.</b> Оригинальный направитель для малоинвазивной дистальной остеотомии первой плюсневой кости при лечении вальгусной деформации первого пальца стопы .....	65
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАВМАТОЛОГО-ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ</b>	
<b>Преображенский П.М., Филь А.С., Корнилов Н.Н., Пантелеев А.Н., Гуацаев М.С., Каземирский А.В., Куляба Т.А., Серета А.П.</b> Эндопротезирование коленного сустава в клинической практике: анализ 36 350 наблюдений из регистра НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена .....	73

<b>Зорин В.И., Лукьянов С.А.</b> Анализ телемедицинских консультаций детям с повреждениями опорно-двигательного аппарата по данным НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера .....	86
<b>СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ</b>	
<b>Перецманас Е.О., Тюлькова Т.Е., Зубиков В.С., Герасимов И.А., Каминский Г.Д.</b> Вирус иммунодефицита человека в очаге деструкции костной ткани при асептическом некрозе головки бедренной кости: клинические наблюдения .....	94
<b>Гольник В.Н., Пелеганчук В.А., Батрак Ю.М., Павлов В.В., Кирилова И.А.</b> Замещение дефектов вертлужной впадины и бедренной кости с использованием импакционной костной пластики при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: клинический случай .....	102
<b>Кисель Д.А., Файн А.М., Светлов К.В., Боголюбовский Ю.А., Алейникова И.Б., Синкин М.В.</b> Лечение пациента с ятрогенным повреждением лучевого нерва после остеосинтеза плечевой кости: клинический случай .....	110
<b>Авдеев А.И., Парфеев Д.Г., Паршин Д.Д., Сеницына Е.В.</b> Перелом клювовидного отростка лопатки в сочетании с переломом акромиального конца ключицы: клинический случай .....	118
<b>ДИСКУССИИ</b>	
<b>Эриванцева Т.Н., Тузова С.Ю., Лысков Н.Б., Блохина Ю.В., Исамова А.А.</b> Травматология и ортопедия в фокусе интеллектуальной собственности .....	124
<b>ОБЗОРЫ</b>	
<b>Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В., Корыткин А.А.</b> Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы).....	136
<b>Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Ярыгин Н.В.</b> Замещение костных дефектов при диабетической нейроостеоартропатии (стопе Шарко): обзор литературы .....	149
<b>НЕКРОЛОГ</b> <b>Сергей Павлович Миронов</b> .....	157

## CONTENTS

## CLINICAL STUDIES

**Shubnyakov I.I., Riahi A., Sereda A.P., Cherkasov M.A., Khujanazarov I.E., Tikhilov R.M.**  
Impact of Zweymüller Stem Modification on Clinical and Radiological Outcomes .....5

**Murylev V.Yu., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Rukin Ya.A., Muzychenkov A.V., Rudnev A.I., Zhuchkov A.G., Alekseev S.S., Bobrov D.S., Germanov V.G.**  
Comparative Evaluation of Custom-Made Components and Standard Implants for Acetabular Reconstruction in Revision Total Hip Arthroplasty ..... 18

**Klimov V.S., Khalepa R.V., Amelina E.V., Evsukov A.V., Krivoschapkin A.L., Ryabykh S.O.**  
Syndromic Assessment of Degenerative Disorders of the Lumbar Spine in Elderly Patients .....31

**Ryazantsev M.S., Logvinov A.N., Il'in D.O., Magnitskaya N.E., Zaripov A.R., Frolov A.V., Afanasyev A.P., Korolev A.V.**  
Influence of Posterior Tibial Slope on the Risk of Recurrence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction .....46

## COMMENTS

**Kornilov N.N.**  
Editorial Comment on the Article by M.S. Ryazantsev et al. "Influence of Posterior Tibial Slope on the Risk of Recurrence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction" .....53

## THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES

**Shchudlo N.A., Stupina T.A., Varsegova T.N.**  
Structural Reorganization of the Third Metatarsal Bone Shaft After Autogenous Plasty of the Tibial Portion of the Sciatic Nerve.....56

## NEW TECHNIQUES IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

**Oleinik A.V., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Kochish A.Yu., Razumova K.V., Binazarov A.E., Maïorov B.A.**  
Original Guide for Minimally Invasive Distal Osteotomy of the First Metatarsal Bone in the Treatment of Hallux Valgus ....65

## TRAUMA AND ORTHOPEDIC CARE

**Preobrazhensky P.M., Fil A.S., Kornilov N.N., Panteleev A.N., Guatsaev M.S., Kazemirsky A.V., Kulyaba T.A., Sereda A.P.**  
Current State of Knee Arthroplasty in Russia: Analysis of 36,350 Cases from the Register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics .....73

**Zorin V.I., Lukyanov S.A.**

Telemedicine Consultations for Children With Musculoskeletal Injuries: Data from the Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery .....86

## CASE REPORTS

**Peretsmanas E.O., Tyulkova T.E., Zubikov V.S., Gerasimov I.A., Kaminsky G.D.**  
Human Immunodeficiency Virus in the Focus of Bone Tissue Destruction in Patients With Aseptic Osteonecrosis of the Femoral Head: Two Case Reports ..... 94

**Golnik V.N., Peleganchuk V.A., Batrak Yu.M., Pavlov V.V., Kirilova I.A.**  
Reconstruction of Acetabular and Femoral Bone Defects With Impaction Bone Grafting in Revision Hip Arthroplasty: A Case Report ..... 102

**Kisel D.A., Fain A.M., Svetlov K.V., Bogolyubsky Yu.A., Aleynikova I.B., Sinkin M.V.**  
Treatment of Iatrogenic Nerve Injury After Humeral Shaft Fracture Fixation: A Case Report..... 110

**Avdeev A.I., Parfeev D.G., Parshin D.D., Sinitsyna E.V.**  
Coracoid Process Fracture Associated With a Distal Clavicle Fracture: A Case Report ..... 118

## DISCUSSIONS

**Erivantseva T.N., Tuzova S.Yu., Lyskov N.B., Blokhina Yu.V., Isamova A.A.**  
Traumatology and Orthopedics in the Focus of Intellectual Property ..... 124

## REVIEWS

**Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A.**  
Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review)..... 136

**Bardyugov P.S., Parshikov M.V., Yarygin N.V.**  
Bone Defect Replacement in Diabetic Neuropathic Osteoarthropathy (Charcot Foot): Review ..... 149

## OBITUARY

**Sergei P. Mironov**..... 157



Научная статья  
УДК 616.728.2-089.844-77  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-13226>

## Что изменила модификация бедренного компонента Zweymüller?

И.И. Шубняков<sup>1</sup>, А. Риахи<sup>2</sup>, А.П. Середа<sup>1</sup>, М.А. Черкасов<sup>1</sup>,  
И.Э. Хужаназаров<sup>3,4</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> ООО «МедКлуб», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Ташкентская медицинская академия, г. Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>4</sup> Республиканский специализированный научный и практический медицинский центр Минздрава Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### Реферат

**Актуальность.** Анализ крупных регистров артропластики показывает, что наблюдается значительный рост использования бесцементных бедренных компонентов, так как современные конструкции показывают схожие результаты выживаемости как при цементной, так и при бесцементной фиксации. Однако эти компоненты различаются по форме, длине и свойствам поверхности, поэтому могут по-разному влиять на качество кости вокруг имплантата. Согласно данным регистра эндопротезирования НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена, отмечается значительное уменьшение доли использования бедренного компонента Alloclassic, в то время как доля использования его модификации SL-PLUS MIA значительно увеличилась.

**Цели исследования:** 1) определить, влияет ли изменение дизайна бедренного компонента типа Zweymüller на среднесрочные и отдаленные результаты и его выживаемость; 2) определить особенности адаптивного ремоделирования перипротезной костной ткани в области имплантации этих бедренных компонентов; 3) определить факторы риска асептического расшатывания данных бедренных компонентов.

**Материал и методы.** Выполнен анализ 492 случаев эндопротезирования тазобедренного сустава с использованием компонентов Alloclassic и SL-PLUS MIA. Средний срок наблюдения — 78,1 мес. (МКИ 36,0–132,0). Пациенты были разделены на две группы в зависимости от типа бедренного компонента. Проведена клиническая оценка состояния тазобедренного сустава по шкалам Harris и OHS, дополнительно оценивались интенсивность болевого синдрома по VAS и уровень удовлетворенности пациентов результатами лечения. Также выполнен анализ рентгенограмм в динамике.

**Результаты.** Значительное улучшение клинико-функциональных результатов наблюдалось по шкалам HHS и OHS в обеих группах пациентов независимо от типа бедренного компонента. Анализ рентгенограмм в динамике показал различия в поведении этих двух моделей бедренного компонента. Линии рентгеновского просветления вокруг бедренного компонента отсутствовали при использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA, а при использовании ножки Alloclassic присутствовали даже при минимальном сроке наблюдения (12 мес.). Фактором риска развития тяжелого стресс-шилдинг синдрома при использовании бедренных компонентов типа Zweymüller является плотная посадка в дистальной части ножки, особенно в воронкообразных каналах. Но при прочих равных условиях плотная дистальная посадка ножек SL-PLUS MIA, несмотря на схожую геометрию дистальной части, не приводит к столь частому проявлению тяжелого стресс-шилдинга.

**Заключение.** Изменение дизайна ножки типа Zweymüller из Alloclassic в SL-PLUS MIA позволило улучшить характер адаптивного ремоделирования перипротезной зоны бедренной кости, что, возможно, улучшит отдаленные результаты первичного эндопротезирования ТБС. Но данные различия требуют дальнейшего наблюдения.

**Ключевые слова:** эндопротезирование тазобедренного сустава, выживаемость эндопротеза, линии рентгеновского просветления, асептическое расшатывание бедренного компонента.

**Для цитирования:** Шубняков И.И., Риахи А., Середа А.П., Черкасов М.А., Хужаназаров И.Э., Тихилов Р.М. Что изменила модификация бедренного компонента Zweymüller? *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):5-17. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-13226>.

**Риахи Аймен;** e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

Рукопись получена: 15.06.2023. Рукопись одобрена: 08.09.2023. Статья опубликована: 15.09.2023.

© Шубняков И.И., Риахи А., Середа А.П., Черкасов М.А., Хужаназаров И.Э., Тихилов Р.М., 2023



## Impact of Zweymüller Stem Modification on Clinical and Radiological Outcomes

Igor I. Shubnyakov<sup>1</sup>, Aymen Riahi<sup>2</sup>, Andrei P. Sereda<sup>1</sup>, Magomed A. Cherkasov<sup>1</sup>, Ilkhom E. Khujanazarov<sup>3,4</sup>, Rashid M. Tikhilov<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> "MedClub", St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Medical Academy of Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan

<sup>4</sup> Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center, Tashkent, Republic of Uzbekistan

### Abstract

**Background.** According to the analysis of large arthroplasty registers we have noted the increase in the use of non-cemented implants, because the latter shows the same results of implant survival as well as cemented implants. On the other hand, they can affect the quality of the bone around the implant in different ways. These components differ in shape, length, and surface properties. According to the analysis of the arthroplasty register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, a significant decrease of the Alloclassic femoral stem using can be noted. In parallel the use of its SL-PLUS MIA modification has increased significantly.

**Aims of the study:** 1) to determine the influence of changes in the design of the Zweymüller-type femoral stem on midterm and long-term outcomes and its survival; 2) to identify the characteristics of adaptive remodeling of periprosthetic bone tissue around these femoral stems; 3) to determine risk factors for aseptic loosening of these femoral stems.

**Methods.** 492 cases of hip arthroplasty using the Alloclassic and SL-PLUS MIA femoral stems were observed, with an average follow-up 78.6 months. The patients were divided into 2 groups according to the type of femoral stem. The assessment the hip articulation condition was carried out using the HHS and OHS. The intensity of the pain syndrome was assessed by VAS, and the level of patient's satisfaction. The dynamic analysis of X-rays was also performed visually.

**Results.** A significant improvement in clinical and functional results was observed according to the HHS and OHS in both groups of patients, regardless of the type of femoral stem. Analysis of X-rays over time showed differences in the behavior of these two femoral component models. The radiolucent lines around the femoral stem are absent in SL-PLUS MIA group, in Alloclassic stem group radiolucent lines are present even at a minimal period (12 months). We also found that a tight fit of Zweymüller femoral stems in the distal shaft is a risk factor for severe stress-shielding syndrome, especially in the funnel channels. But ceteris paribus, a distal tight fit of SL-PLUS MIA stems despite similar geometry of the distal part does not lead to such frequent manifestation of severe stress shielding.

**Conclusion.** The change in Zweymüller stem design from Alloclassic to SL-PLUS MIA improved the nature of adaptive remodeling in the periprosthetic area of the femur. It may improve the long-term results of primary hip arthroplasty, but these differences require closer observation.

**Keywords:** hip arthroplasty, Zweymüller-type femoral stems, stress-shielding syndrome, radiolucent lines, aseptic loosening.

**Cite as:** Shubnyakov I.I., Riahi A., Sereda A.P., Cherkasov M.A., Khujanazarov I.E., Tikhilov R.M. Impact of Zweymüller Stem Modification on Clinical and Radiological Outcomes. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):5-17. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-13226>.

✉ Aymen Riahi; e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

Submitted: 15.06.2023. Accepted: 08.09.2023. Published: 15.09.2023.

© Shubnyakov I.I., Riahi A., Sereda A.P., Cherkasov M.A., Khujanazarov I.E., Tikhilov R.M., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из трендов современного эндопротезирования является увеличение частоты использования бесцементных имплантатов при замене тазобедренного сустава (ТБС), что подтверждается данными многочисленных регистров артропластики<sup>1,2,3,4,5,6</sup> и научными публикациями [1, 2, 3, 4, 5]. С одной стороны, это связано с тем, что современные бесцементные эндопротезы показывают схожие с протезами цементной фиксации или даже лучшие результаты выживаемости [4, 6, 7, 8]. С другой стороны, использование цементируемых имплантатов, несмотря на их относительную дешевизну, сопряжено с увеличением длительности операции, что нивелирует их экономическую привлекательность [6, 9].

В настоящее время существует огромное количество различных по геометрии бесцементных бедренных компонентов, которые в силу своих конструктивных особенностей по-разному передают нагрузку на подлежащую кость, что ведет к формированию специфической ответной адаптивной перестройки [10, 11]. При этом в отдельных случаях нормальный процесс адаптивного ремоделирования кости приобретает негативный характер, ведущий к ослаблению кости и расшатыванию имплантата [10, 12].

Анализ регистра эндопротезирования ТБС НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена выявил тенденцию к постепенному уменьшению доли прямых клиновидных компонентов с прямоугольным сечением в сравнении с изогнутыми в проксимальном отделе клиновидными ножками, полностью покрытыми гидроксиапатитом. В частности, наиболее часто используемые бедренные компоненты типа Zweymüller (Alloclassic) стали использоваться в пять с половиной раз реже — их доля уменьшилась с 42,4% от всех бесцементных ножек в 2007 г. до 7,7% в 2018–2020 гг. В то же время модификация этой ножки SL-PLUS MIA в 2014 г. (в начале использования) применялась лишь в 0,8% случаев, а в 2018–2020 гг. — в 14,0% [5].

**Цели исследования:** 1) определить, влияет ли изменение дизайна бедренного компонента Zweymüller на среднесрочные и отдаленные результаты и его выживаемость; 2) определить особенности адаптивного ремоделирования перипротезной костной ткани в области этих бедренных компонентов; 3) определить факторы риска

асептического расшатывания данных бедренных компонентов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В базе регистра эндопротезирования ТБС найдены 1580 случаев первичной артропластики с использованием двух моделей бедренного компонента типа Zweymüller: Alloclassic (Zimmer-Biomet) и SL-PLUS MIA (Smith+Nephew). Из них только в 779 наблюдениях были доступны рентгенограммы как до, так и после операции. Из этих случаев часть наблюдений были потеряны для полноценного анализа: к моменту исследования 9 пациентов (11 наблюдений) умерли, с 269 пациентами (276 случаев эндопротезирования ТБС) не удалось установить связь. Поэтому оценка функциональных результатов и анализ рентгенограмм в динамике выполнены в 492 (63,2%) наблюдениях из 779 в средние сроки 78,1 мес. (МКИ 36,0–132,0; Ме 60,0: от 12,0 до 180,0) (рис. 1). Пациенты были оперированы разными операционными бригадами с использованием различных доступов и были разделены на две группы в зависимости от типа бедренного компонента.

Бедренный компонент Alloclassic использовался в 37,3% случаев у мужчин и в 62,7 % случаев у женщин, в то время как компонент SL-PLUS MIA у мужчин применялся в 25,3% случаев, у женщин — в 74,7% ( $p = 0,012$ ).

Отмечалась также статистически значимая разница в частоте использования ножек в сложных случаях первичного эндопротезирования ТБС: ножки Alloclassic устанавливались в 80,3% случа-



**Рис. 1.** Распределение наблюдений по типу бедренного компонента

**Fig. 1.** Distribution of observations by the type of femoral stem

<sup>1</sup> American Joint Replacement Registry. Annual report 2020. Available from: <http://www.ajrr.net/publications-data/annual-reports>.

<sup>2</sup> Australian Orthopaedic Association. National Joint Replacement Registry, 2022 Annual Report. Available from: <https://aoanjrr.sahmri.com>.

<sup>3</sup> National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man 19<sup>th</sup> Annual Report 2022. Available from: <https://www.njrcentre.org.uk>.

<sup>4</sup> Norwegian Hip Arthroplasty Register Annual Report 2021. Available from: <http://nrlweb.ihelse.net>.

<sup>5</sup> Swedish Hip Arthroplasty Register. Annual Report 2021. Available from: <https://registercentrum.blob.core.windows.net/slr/r/SAR-Annual-Report-2021-SJIAFmlR15.pdf>.

<sup>6</sup> The German Arthroplasty Registry (EPRD — Endoprothesenregister Deutschland). Annual Report 2020. Available from: <https://www.eprd.de>.

ев в сложных клинических ситуациях и в 19,7% — в стандартных случаях, а бедренные компоненты SL-PLUS MIA — в 93,2% и 6,8% соответственно ( $p < 0,001$ ) (табл. 1).

Сроки наблюдения статистически значимо были больше при использовании бедренных компонентов Alloclassic ( $p < 0,001$ ). У пациентов, оперированных с использованием бедренного компонента SL-PLUS MIA, срок наблюдения составил 37,6 мес. (МКИ 24,0–48,0; Ме 36,0: от 12,0 до 84,0), у пациентов, оперированных с использованием бедренного компонента Alloclassic — 99,4 мес. (МКИ 60,0–144,0; Ме 96,0: от 24,0 до 180).

Клинические результаты эндопротезирования ТБС оценивали по шкалам Harris Hip Score (HHS), Oxford Hip Score (OHS) и индексу удовлетворенности результатами по 10-балльной шкале. Интенсивность болевого синдрома оценивали по 10-балльной шкале ВАШ.

Для достижения поставленных целей были выполнены обработка и анализ рентгенограмм всех

пациентов до и после операции при помощи программы “mediCAD® Classic” (АО «Санте Медикал Системс», Россия).

На предоперационных и послеоперационных рентгенограммах таза измерялись следующие количественные параметры:

- офсет бедра,
- разница в длине конечностей,
- индекс Dorr [13],
- степень заполнения эндопротеза в трех зонах Груена [13],
- угол ось протеза/ось бедра.

Также оценивались качественные рентгенологические показатели:

- наличие стресс-шилдинг синдрома и его выраженность по классификации С. Engh [14],
- наличие линий просветления вокруг бедренного компонента по линиям Груена,
- наличие гипертрофии кортикального слоя кости,
- наличие пьедестала [15].

Таблица 1

**Распределение наблюдений по этиологическому диагнозу, n (%)**

Этиологический диагноз		Alloclassic	SL-PLUS MIA	Всего
Стандартные случаи эндопротезирования	ПКА	105 (20,5)	16 (5,9)	121 (15,5)
	АНГБК	20 (3,9)	10 (3,7)	30 (3,8)
	ППОБК	4 (0,7)	0 (0)	4 (0,5)
	Всего	129 (25,1)	26 (9,6)	155 (19,8)
Сложные случаи эндортезирования	ДКА	283 (55,3)	189 (70,5)	472 (60,6)
	Артрит	25 (4,8)	12 (4,4)	37 (4,7)
	ПТКА	67 (13,1)	29 (10,8)	96 (12,3)
	Анкилоз	7 (1,7)	12 (4,7)	19 (2,6)
	Всего	382 (74,9)	242 (90,4)	624 (80,2)
Итого		511 (100)	268 (100)	779 (100)

ПКА — первичный коксартроз; АНГБК — асептический некроз головки бедренной кости; ППОБК — перелом проксимального отдела бедренной кости; ДКА — диспластический коксартроз; ПТКА — посттравматический коксартроз.

### Статистический анализ

Статистические расчеты осуществлялись с помощью компьютерной программы SPSS Statistic v. 26 (IBM). Используются методы описательной статистики. Учитывая ненормальный характер распределения данных, помимо средних значений, в качестве меры центральной тенденции для изучаемых признаков использовали медиану (Ме), в качестве мер рассеяния — нижний (Q1) и верхний (Q3) квартили (25–75% МКИ). Также указывались минимальные и максимальные значения в серии данных. Количественные параметры в группах и подгруппах сравнивались с помощью U-критерия Манна–Уитни, а для множественного сравнения использовали метод однофакторного дисперсионного анализа с использованием модуля ANOVA.

Сопоставление частотной характеристики показателей выполнено с помощью непараметрического критерия  $\chi^2$ , в случае с малым числом наблюдений — с поправкой Йетса. Для ряда показателей использованы методы прогнозирования — расчет отношений шансов (ОШ). Определены показатели выживаемости для каждого типа бедренного компонента по методу Каплана–Майера.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

#### Количество ревизий и сроки их выполнения

Из 492 наблюдений (64,1% от 779 наблюдений, вошедших в исследование) было выполнено 28 ревизий в период с 2007 по 2020 г., что составило 5,7% при общем среднем сроке наблюдения 7,7 лет (МКИ 3,5–11,5; Ме 7,5: от 1,0 до 14,0).

В группе пациентов с бедренным компонентом Alloclassic было зафиксировано 23 ревизии (средний срок наблюдения 93,3 мес. (МКИ 36,0–132,0; Ме 108,0: от 12,0 до 156,0), а в группе пациентов с бедренным компонентом SL-PLUS MIA отмечено 5 случаев (средний срок наблюдения 31,2 мес. (МКИ 12,0–54,0; Ме 24,0: от 12,0 до 60,0)). Несмотря на большее число ревизий в группе пациентов с бедренным компонентом Alloclassic, данная разница не была статистически значимой ( $p = 0,095$ ). Десятилетняя выживаемость эндопротезов по методу Каплана – Майера с конечной точкой «ревизия по любой причине» составила 92,8% (рис. 2).

Учитывая разницу в сроках наблюдения, структура причин ревизии в группах пациентов различалась (табл. 2). При использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA не было ревизий, связан-

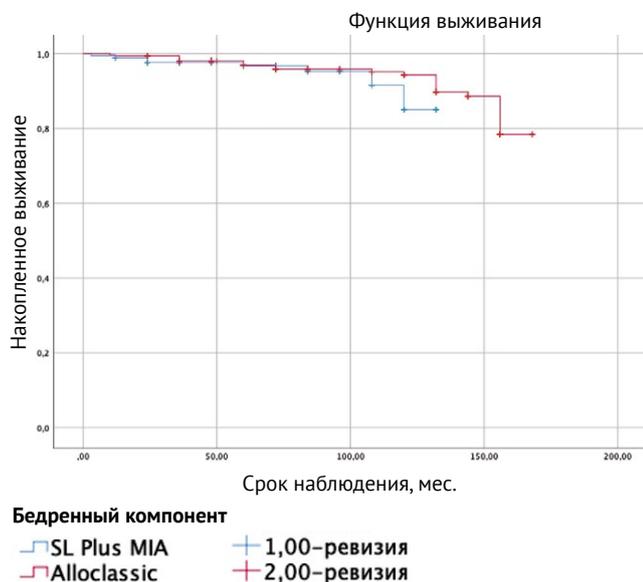


Рис. 2. Выживаемость эндопротезов по методу Каплана – Майера

Fig. 2. Survival of endoprostheses according to the Kaplan-Meier method

ных с асептическим расшатыванием компонентов, а асептическое расшатывание ножки Alloclassic было отмечено 6 (1,8%) случаях.

### Функциональный статус пациентов

У подавляющего большинства пациентов после операции отмечалось значительное улучшение функции ТБС, выраженное в увеличении показателей по NHS в сравнении с предоперационным уровнем. До операции среднее значение NHS составило 42,0 балла (МКИ 36,0–46,0; Ме 43,0: от 24,0 до 67,0), а после операции – 93,1 балл (МКИ 91,5–96,0; Ме 94,0: от 72,0 до 98,0) (рис. 3).

У пациентов с ножками Alloclassic среднее значение NHS составило 93,1 балла (МКИ 92,0–96,0; Ме 94,0: от 72,0 до 98,0), а с ножками SL-PLUS MIA – 93,3 балла (МКИ 91,0–97,0; Ме 95,0 (от 72,0 до 98,0;  $p = 0,001$ )).

Аналогично распределялись показатели по OHS: у пациентов, прооперированных с использованием бедренного компонента Alloclassic, средний показатель составил 44,7 балла (МКИ 43,0–47,0; Ме = 46,0: от 36,0 до 48,0), а у пациентов с бедренными компонентами SL-PLUS MIA – 44,3 балла (МКИ 42,0–47,0; Ме 46,0: от 35,0 до 48,0;  $p < 0,001$ ).

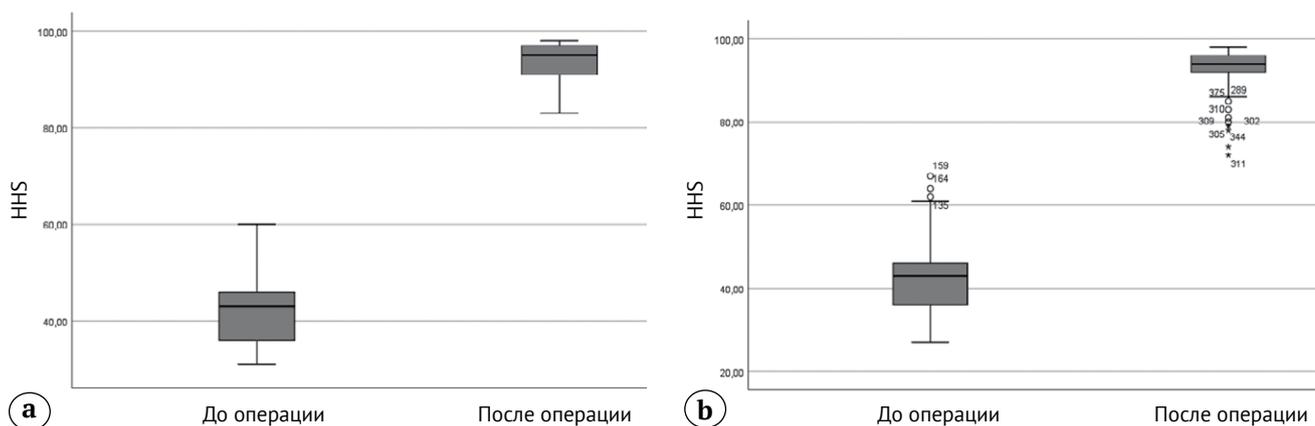
Несмотря на статистически значимые различия в показателях функциональных шкал, не было существенной разницы в клинических результатах. В обеих группах был получен высокий уровень индекса удовлетворенности пациентов без статистически значимой разницы между группами ( $p = 0,059$ ). У пациентов, оперированных с использованием бедренного компонента Alloclassic, средний индекс удовлетворенности составил 9,0 (МКИ 8,0–10,0; Ме 10,0: от 4,0 до 10,0), с использованием SL-PLUS MIA – 8,6 (МКИ 8,0–10,0; Ме 9,0: от 3,0 до 10,0). Средний уровень болевого синдрома по ВАШ у пациентов с бедренными компонентами Alloclassic составил 1,0 балл (МКИ 0,0–2,0; Ме 0: от 0 до 8,0), а у пациентов с ножками SL-PLUS MIA – 1,6 балла (МКИ 0,0–2,0; Ме 1,0: от 0 до 8,0;  $p = 0,404$ ).

Таблица 2

### Причины ревизии в группах с разными бедренными компонентами

Причина ревизии	Alloclassic (n = 325)	SL-PLUS MIA (n = 167)	Всего (n = 492)
Асептическое расшатывание БК	6 (1,8)	0 (0)	6 (1,2)
Асептическое расшатывание ВК	4 (1,2)	0 (0)	4 (0,8)
Вывих эндопротеза	5 (1,5)	2 (1,2)	7 (1,4)
Инфекция	6 (1,8)	1 (0,6)	7 (1,4)
Перипротезный перелом	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Мышечная недостаточность	1 (0,3)	1 (0,6)	1 (0,2)
Болевой синдром	1 (0,3)	1 (0,6)	1 (0,2)
Итого	23 (7,1)	5 (3,0)	28 (5,7)

БК – бедренный компонент; ВК – вертлужный компонент.



**Рис. 3.** Средний балл по HNS до и после операции: а — Alloclassic; б — SL-PLUS MIA  
**Fig. 3.** Average score on the HNS before and after surgery: a — Alloclassic; b — SL-PLUS MIA

**Рентгенологические признаки адаптивной перестройки кости вокруг бедренных компонентов**

В исследуемый период наблюдения при использовании бедренного компонента Alloclassic в 108 (33,2%) случаях выявлена гипертрофия кортикального слоя в 2–6-й зонах Груена, наиболее выраженные изменения наблюдались в 3-й и 5-й зонах. В 101 (30,1%) случае отмечалось формирование пьедестала в дистальной части ножки. При использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA гипертрофия кортикального слоя вокруг имплантата наблюдалась всего лишь в 24 (14,3%) случаях, а пьедестал сформировался только в 28 (16,7%) случаях. Однако данная разница может быть обусловлена разными сроками наблюдения, поскольку степень адаптивной перестройки кости вокруг ножки эндопротеза становилась более отчетливой с течением времени (положительная корреляция Пирсона R 0,470;  $p < 0,001$ ).

В отдаленные сроки наблюдения достаточно значимый стресс-шилдинг (3–4-й степени) был обнаружен в 39 наблюдениях. Третья степень выявлена в 27 случаях из 325 (8,3%) у пациентов с ножками Alloclassic (средний срок наблюдения 74,4 мес. (МКИ 63,0–97,0)), у пациентов с ножками SL-PLUS MIA — в 2 наблюдениях из 167 (1,2%) (средний срок наблюдения 55,5 мес.). Еще в 10 (3,1%) наблюдениях при использовании ножек Alloclassic был отмечен стресс-шилдинг 4-й степени (рис. 4, 5).

В этих случаях средний срок наблюдения составил 117,0 мес. (МКИ 96,0–138,0). Столь значимой перестройки кости при использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA в нашем исследовании отмечено не было, вероятно, ввиду существенно меньших сроков наблюдения (табл. 3).

Именно время, прошедшее с момента операции, являлось наиболее значимым фактором развития стресс-шилдинг синдрома. Отношение шансов для обнаружения стресс-шилдинг синдрома 2–4-й степеней при сроках наблюдения 48 мес. и более составило ОШ 5,662 (95% ДИ: 3,171–10,113;  $p < 0,001$ ). Однако имеются и другие аспекты, включающие анатомические особенности строения бедренной кости и технические детали имплантации бедренного компонента. Было обнаружено, что воронкообразная форма канала (тип А по Dorr) является фактором риска развития более выраженного стресс-шилдинг синдрома (2–4-й степеней). Связь между типом канала и выраженностью стресс-шилдинг синдрома демонстрируется методом  $\chi^2$ . Значение критерия  $\chi^2$  составляет 55,853, что указывает на высоко статистически значимую связь ( $p < 0,001$ ) (табл. 4).

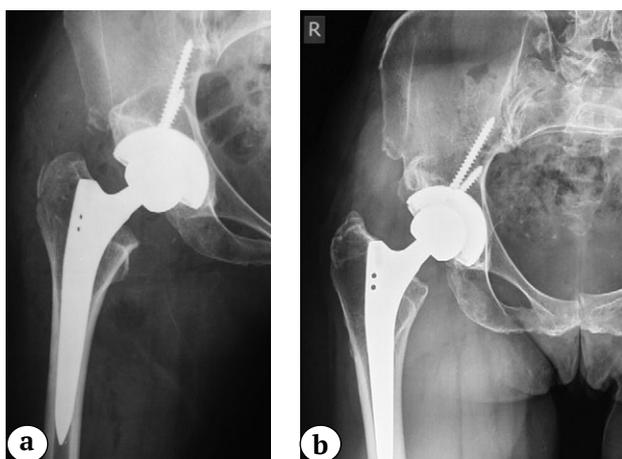
Другим фактором, влияющим на развитие стресс-шилдинг синдрома, является характер заполнения канала бедренным компонентом. Более плотная посадка в дистальной трети ножки является фактором риска развития более тяжелого стресс-шилдинг синдрома. Если индекс заполнения канала при использовании ножек Zweymüller (Alloclassic и SL-PLUS MIA) больше среднего значения для соответствующего типа компонентов, риск развития стресс-шилдинг синдрома 2–4-й степеней выше, чем при индексе заполнения меньше среднего значения (ОШ 3,166; 95% ДИ: 2,02–4,96;  $p < 0,001$ ) (табл. 5).

В 49 (15,1%) наблюдениях при использовании бедренного компонента Alloclassic выявлено наличие вдоль ножки эндопротеза линий рентгеновского просветления, более выраженных в проксимальном отделе, в то время как при использовании ножки SL-PLUS MIA таких линий обнаружено не было.



**Рис. 4.** Пациентке 66 лет в 2008 г. была выполнена замена левого ТБС по поводу первичного идиопатического коксартроза. Индекс заполнения канала в 1-й зоне составил 0,63, во 2-й и 3-й зонах — 1,0 (а). На момент опроса удовлетворенность пациентки составила 10 баллов, болевой синдром по ВАШ — 0 баллов. На рентгенограмме через 13 лет отмечаются признаки стресс-шилдинг синдрома 4-й степени в виде истощения внутреннего и наружного кортикальных слоев до диафиза бедренной кости (b). На рентгенограммах также можно наблюдать очаги остеолитиза в проксимальной части бедра, особенно четкие до уровня малого вертела бедра, и очаги остеолитиза в области винтов в ретроацетабулярной зоне, имеются также гетеротопические оссификаты в области вершины большого вертела (Brooker 1–2). На увеличенном изображении четко видно, что присутствует потеря кости (атрофия) без четких границ и с сохранением трабекулярной структуры (особенно на границе с имплантатом), кость при этом не имеет очаговых деформаций, характерных для остеолитических изменений, поскольку механизм потери кости связан с шунтированием нагрузки в дистальном направлении и, соответственно, с ограничением нагрузки в проксимальных отделах (с)

**Fig. 4.** A 66-year-old patient in 2008 underwent left THA for primary idiopathic hip arthritis. The canal fill index in the 1<sup>st</sup> zone was 0.63, and in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> zones, it was 1.0 (a). At the time of the survey, the patient's satisfaction was 10 points, and VAS pain score was 0. X-rays taken 13 years later show signs of stress shielding syndrome of the 4th degree, characterized by thinning of the inner and outer cortical layers to the femoral diaphysis (b). X-rays also reveal areas of osteolysis in the proximal part of the femur, especially clear up to the level of the lesser trochanter, and osteolysis areas in the screw region in the retroacetabular zone, as well as heterotopic ossification in the area of the greater trochanter (Brooker 1-2). The enlarged X-ray visualizes bone loss (atrophy) without clear boundaries, while preserving the trabecular structure, especially at the border with the implant. The bone in this case does not exhibit focal deformations typically seen in osteolytic changes. This is because the mechanism of bone loss is related stress bypass in the distal direction, consequently resulting in reduced loading bone in the proximal regions (c)



**Рис. 5.** Пациентке 40 лет в 2014 г. выполнена замена левого ТБС по поводу диспластического коксартроза, индекс заполнения в 1-й зоне составил 0,63, во 2-й — 0,79 и 3-й зоне — 1,0 (а). На момент опроса пациентка удовлетворена на 10 баллов, болевой синдром по ВАШ — 0 баллов, на рентгенограмме через 6 лет отмечаются признаки стресс-шилдинг синдрома 3-й степени в виде истощения внутреннего кортикального слоя ниже уровня малого вертела (b)

**Fig. 5.** A 40-year-old patient in 2014 underwent left THA for dysplastic hip arthritis, with a canal fill index of 0.63 in the 1<sup>st</sup> zone, 0.79 in the 2<sup>nd</sup> zone, and 1.0 in the 3<sup>rd</sup> zone (a). At the time of the survey, the patient was satisfied with 10 points, and VAS pain score was 0. X-rays taken 6 years later show signs of stress shielding syndrome of the 3<sup>rd</sup> degree, characterized by thinning of the inner cortical layer below the level of the lesser trochanter (b)

Таблица 3

**Выраженность стресс-шилдинг синдрома в зависимости от используемого бедренного компонента и позиции ножки**

Бедренный компонент	Позиция в канале	Степень стресс-шилдинг синдрома					Итого
		0	1	2	3	4	
Alloclassic	Варусная	9	55	20	8	3	95
	Нейтральная	12	108	17	12	7	156
	Вальгусная	8	47	12	7	0	74
	Всего	29	210	49	27	10	325
SL-PLUS MIA	Варусная	6	31	12	0	0	49
	Нейтральная	10	48	20	2	0	78
	Вальгусная	5	23	12	0	0	40
	Всего	21	102	42	2	0	167
Итого		50	312	91	29	10	492
Срок наблюдения, мес.		17,2	28,1	65,7	95,9	103,1	

Таблица 4

**Выраженность стресс-шилдинг синдрома в зависимости от индекса Dorr**

Бедренный компонент	Тип по классификации Dorr	Степень стресс-шилдинг синдрома					Итого
		0	1	2	3	4	
Alloclassic	A	1	65	28	17	6	117
	B	10	126	20	8	4	168
	C	18	19	1	2	0	40
	Всего	29	210	49	27	10	325
SL-PLUS MIA	A	3	23	26	2	0	54
	B	6	70	15	0	0	91
	C	12	9	1	0	0	22
	Всего	21	102	42	2	0	167
Итого		50	312	91	29	10	492

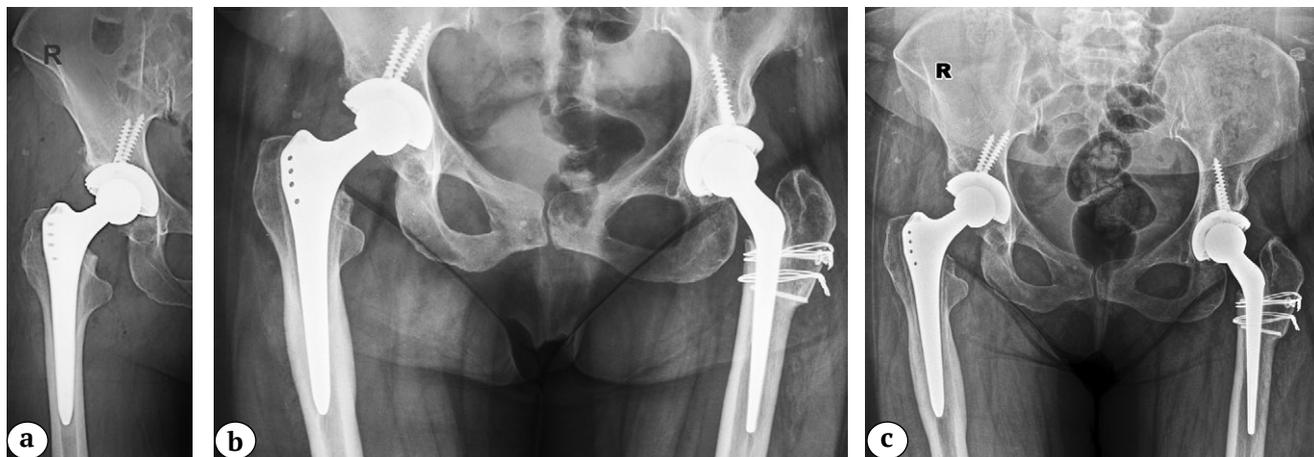
Таблица 5

**Локализация стресс-шилдинг синдрома в зависимости от степени заполнения канала на разных уровнях**

Бедренный компонент	Зона	Степень заполнения канала	Степень стресс-шилдинг синдрома					Итого
			0	1	2	3	4	
Alloclassic	1	<0,6	6	36	11	14	6	73
		≥0,6	23	174	38	13	4	252
	2	<0,79	19	99	29	11	2	160
		≥0,79	10	111	20	16	8	165
	3	<0,92	32	91	13	4	0	140
		≥0,92	7	109	36	23	10	185
SL-PLUS MIA	1	<0,6	4	36	7	2	0	49
		≥0,6	17	66	35	0	0	118
	2	<0,79	12	65	20	2	0	99
		≥0,79	9	37	22	0	0	68
	3	<0,90	19	42	15	0	0	76
		≥0,90	2	60	27	2	0	91
Итого			50	312	91	29	10	492

В нашем исследовании не удалось обнаружить выраженности и локализации линий просветления в зависимости от варусно-вальгусной позиции ножки эндопротеза (табл. 6). Однако наличие рентгенопрозрачных линий может быть сигналом

о постепенном расшатывании бедренного компонента. Отношение шансов для асептического расшатывания при наличии линий рентгеновского просветления ножки Alloclassic составляет ОШ 12,178 (95% ДИ: 2,167–68,446;  $p = 0,003$ ) (рис. 6).



**Рис. 6.** Пациентка 49 лет: двусторонняя дисплазия ТБС с высоким вывихом бедра слева (C2 по Hartofilakidis) и низким вывихом бедра справа (B2 по Hartofilakidis). В июне 2011 г. выполнено эндопротезирование левого ТБС с укорачивающей остеотомией по Paavilainen. В марте 2012 г. проведена замена правого ТБС (а). На контрольных рентгенограммах в феврале 2014 г. уже обнаруживаются линии просветления в 1, 2, 6, 7-й зонах Груена (б). Однако до начала 2020 г. клинических проявлений расшатывания бедренного компонента не было. На рентгенограмме в сентябре 2020 г. линии просветления стали более отчетливыми (с), пациентка жалуется на боль в бедре после нагрузки. Выполнена замена бедренного компонента (d)

**Fig. 6.** A 49-year-old patient: bilateral hip dysplasia with high dislocation of the left hip (C2 according to Hartofilakidis) and low dislocation of the right hip (B2 according to Hartofilakidis). In June 2011, left THA was performed with a shortening osteotomy according to Paavilainen. In March 2012, right THA was performed (a). On follow-up X-rays in February 2014, radiolucency lines are already detected in zones 1, 2, 6, and 7 of Gruen (b). However, until the beginning of 2020, there were no clinical manifestations of femoral component loosening. On X-rays in September 2020, the radiolucency lines became more pronounced (c), and the patient complained of hip pain after loading. Revision of the femoral component was performed (d)

Таблица 6

**Локализация линий рентгеновского просветления вокруг бедренного компонента в зависимости от его позиции в канале и возможная связь с асептическим расшатыванием**

Бедренный компонент	Позиция в канале	Нет линий	Локализация линий просветления по зонам Груена				Итого
			1 зона	2 зоны	3 зоны	4 и более	
Alloclassic	Варусная	79	6	4	4	2	95
	Нейтральная	137	2	10	1	6	156
	Вальгусная	60	1	6	1	6	74
	Всего	276	9	20	6	14	325
Ревизия БК по поводу асептического расшатывания		2	1	0	0	3	6

Окончание таблицы 6

Бедренный компонент	Позиция в канале	Нет линий	Локализация линий просветления по зонам Груена				Итого
			1 зона	2 зоны	3 зоны	4 и более	
SL-PLUS MIA	Варусная	49	0	0	0	0	49
	Нейтральная	78	0	0	0	0	78
	Вальгусная	40	0	0	0	0	40
	Всего	167	0	0	0	0	167
Ревизия БК по поводу асептического расшатывания		0	0	0	0	0	0

**Связь рентгенологических признаков с показателями функциональных шкал и удовлетворенностью пациентов**

Наличие линий рентгеновского просветления у пациентов с бедренным компонентом Alloclassic сопровождалось снижением показателей функционального статуса по всем шкалам в сравнении с пациентами, у которых не было рентгенопрозрачных линий. Средний уровень болевого синдрома у этих пациентов был выше, а степень удовлетворенности результатами операции — ниже. Данная разница была статистически высоко значимой по всем показателям (табл. 7).

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Данное ретроспективное исследование показало, что клиновидные бесцементные бедренные компоненты прямоугольного сечения, разработанные Карлом Цваймюллером, обеспечивают надежные долгосрочные результаты — выживаемость для ревизии по поводу асептического расшатывания бедренных компонентов Alloclassic составила 98,2%

в средние сроки наблюдения 166,3 мес., а бедренных компонентов SL-PLUS MIA — 100% в сроки 37,5 мес. При использовании обоих типов бедренных компонентов были достигнуты высокие значения функционального статуса по NHS и OHS, а также высокий индекс удовлетворенности пациентов, не зависящий от дизайна бедренного компонента. Это соответствует общепринятому представлению о высокой эффективности первичного тотального ЭП ТБС с использованием бесцементных клиновидных ножек прямоугольного сечения [16, 17, 18, 19].

Анализ рентгенограмм в динамике показал, что развитие классического феномена стресс-шилдинг синдрома (как его описывал в своей работе С. Engh с соавторами [14]) зависело от времени, прошедшего с момента эндопротезирования, но наблюдалось у ряда пациентов уже через 12 мес. после операции. Аналогичные изменения наблюдали и другие исследователи [20, 21]. Фактором риска развития тяжелого стресс-шилдинг синдрома при использовании бедренных компонентов типа

Таблица 7

**Связь наличия линий рентгеновского просветления с функциональным статусом пациентов по OHS и NHS, уровнем болевого синдрома по ВАШ и степенью удовлетворенности в группе Alloclassic**

Шкала	Линии просветления	Статистический показатель			
		Мср	Ме	МКИ 25–75%	Min–Max
NHS	Да	87,8	89,0	87,0–90,0	72,0–97,0
	Нет	94,3	94,0	94,0–95,0	87,0–97,0
OHS	Да	41,9	42,0	40,0–43,0	36,0–48,0
	Нет	44,9	46,0	45,0–47,0	36,0–48,0
ВАШ	Да	3,1	3,0	2,0–4,0	0–7
	Нет	0,4	0	0,0–0,0	0–6
Удовлетворенность	Да	7,9	8,0	7,0–9,0	6,0–10,0
	Нет	9,3	10,0	9,0–10,0	6,0–10,0

Показатели в группах по всем шкалам высоко статистически значимо различаются ( $p < 0,001$ ).

Zweymüller, по нашим данным, является плотная посадка в дистальной части ножки (индекс заполнения канала в 3-й зоне Груена 0,98 и более), особенно в сочетании с воронкообразной формой канала (тип А по Dorr). Но при прочих равных условиях плотная дистальная посадка ножек SL-PLUS MIA, несмотря на схожую геометрию дистальной части, не приводит к столь частому проявлению тяжелого стресс-шилдинг синдрома. По мнению S. Nakamura с соавторами, потеря кости вокруг бедренных компонентов Zweymüller не зависит от особенностей анатомии бедренной кости, однако сроки наблюдения в их работе не превышали 12 мес. [21].

Другим неблагоприятным вариантом перестройки кости являются линии рентгеновского просветления на границе «протез-кость» [22]. Появление данного феномена также зависело от сроков наблюдения, но отмечалось только у пациентов с бедренным компонентом Alloclassic. Средний срок наблюдения в группе с наличием линий просветления составил у пациентов с бедренным компонентом Alloclassic 103,5 мес. при минимальном сроке наблюдения в 12 мес., у пациентов с отсутствием линий просветления — 76,2 мес. Средний срок наблюдения при использовании бедренного компонента SL-PLUS MIA составил 35,4 мес., что значительно меньше, чем средний срок при использовании бедренных компонентов Alloclassic, и не исключает развития данного феномена в дальнейшем. В то же время минимальный срок, при котором обнаруживаются линии, составляет 12 мес. Возможно, отсутствие данного явления в группе с эндопротезом SL-PLUS MIA обусловлено особенностями его дизайна, в частности наличием покрытия из гидроксиапатита в проксимальной части, тем более что максимальный срок наблюдения этих ножек в нашем исследовании составляет 60 мес. Вероятное влияние покрытия из гидроксиапатита в проксимальной части ножек подтверж-

дает также сравнительное исследование A. Tanaka с соавторами, в котором они не обнаружили линий рентгеновского просветления при использовании ножек SL-PLUS MIA с гидроксиапатитом в сравнении с ножками SL-PLUS MIA без гидроксиапатита, при использовании которых линии просветления встречались в 6% случаях [23]. С другой стороны, D. Hoornenborg с соавторами не наблюдали положительного влияния гидроксиапатитового покрытия на ножках типа Zweymüller в отношении их возможной миграции [24, 25].

В нашем исследовании мы обнаружили, что наличие линий рентгеновского просветления может негативно влиять на функциональный результат и удовлетворенность пациентов после операции, но наличие линий рентгеновского просветления в трех и более зонах Груена является самостоятельным фактором риска и важным предиктором асептического расшатывания ножки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Невзирая на высокие показатели выживаемости, ножки Alloclassic являются менее предсказуемыми в отношении характера стрессового ремоделирования перипротезной области бедренной кости, и при неблагоприятном стечении обстоятельств (воронкообразная форма канала и плотная дистальная посадка) возникает повышенный риск асептического расшатывания в отдаленном периоде. Согласно результатам нашего исследования, изменение дизайна проксимальной части ножки Zweymüller, реализованное в бедренном компоненте SL-PLUS MIA, позволило улучшить характер адаптивного ремоделирования в перипротезной зоне бедренной кости, что, возможно, улучшит отдаленные результаты первичного эндопротезирования ТБС. Однако для окончательного суждения о вероятных преимуществах бедренного компонента SL-PLUS MIA требуются более длительные сроки наблюдения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Шубняков И.И.* — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

*Риахи А.* — концепция и дизайн исследования, сбор, анализ, интерпретация данных, написание текста статьи.

*Серёда А.П.* — анализ и интерпретация результатов исследования, редактирование текста статьи.

*Черкасов М.А.* — сбор, анализ, интерпретация данных.

*Хужаназаров И.Э.* — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

*Тихилов Р.М.* — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответствен-

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Shubnyakov I.I.* — study concept and design, drafting the article.

*Riahi A.* — study concept and design, data collection and processing, writing the article.

*Sereda A.P.* — data analysis and interpretation, drafting the article.

*Cherkasov M.A.* — data collection and processing.

*Khujanazarov I.E.* — study concept and design, drafting the article.

*Tikhilov R.M.* — study concept and design, drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear

ность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и изображений.

responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Aumiller W.D., Kleuser T.M. Trends in total hip arthroplasty. *JAAPA*. 2019;32(3):51-53. doi: 10.1097/01.JAA.0000553394.43873.76.
- Dixon T., Shaw M., Ebrahim S., Dieppe P. Trends in hip and knee joint replacement: socioeconomic inequalities and projections of need. *Ann Rheum Dis*. 2004;63(7):825-830. doi: 10.1136/ard.2003.012724.
- Scott C.E.H., Clement N.D., Davis E.T., Haddad F.S. Modern total hip arthroplasty: peak of perfection or room for improvement? *Bone Joint J*. 2022;104-B(2):189-192. doi: 10.1302/0301-620X.104B2.BJJ-2022-0007.
- Toci G.R., Magnuson J.A., DeSimone C.A., Stambough J.B., Star A.M. et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Non-database Comparative Studies on Cemented Versus Uncemented Femoral Stems in Primary Elective Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022;37(9):1888-1894. doi: 10.1016/j.arth.2022.03.086.
- Шубняков И.И., Риахи А., Денисов А.О., Корыткин А.А., Алиев А.Г., Вебер Е.В. и др. Основные тренды в эндопротезировании тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2020 г. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):119-142. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142. Shubnyakov I.I., Riahi A., Denisov A.O., Korytkin A.A., Aliev A.G., Veber E.V. et al. The Main Trends in Hip Arthroplasty Based on the Data in the Vreden's Arthroplasty Register from 2007 to 2020. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):119-142. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-119-142.
- Bourne R.B., Corten K. Cemented versus cementless stems: a verdict is in. *Orthopedics*. 2010;33(9):638. doi: 10.3928/01477447-20100722-24.
- Kelly M.P., Chan P.H., Prentice H.A., Paxton E.W., Hinman A.D., Khatod M. Cause-Specific Stem Revision Risk in Primary Total Hip Arthroplasty Using Cemented vs Cementless Femoral Stem Fixation in a US Cohort. *J Arthroplasty*. 2022;37(1):89-96.e1. doi: 10.1016/j.arth.2021.09.020.
- Kim Y.H. Bilateral cemented and cementless total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2002;17(4):434-440. doi: 10.1054/arth.2002.31073.
- Tsertsvadze A., Grove A., Freeman K., Court R., Johnson S., Connock M. et al. Total hip replacement for the treatment of end stage arthritis of the hip: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(7):e99804. doi: 10.1371/journal.pone.0099804.
- Карагодина М.П., Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Плиев Д.Г., Денисов А.О. Адаптивное ремоделирование костной ткани вокруг бедренных компонентов бесцементной фиксации Fitmore и Alloclassic. *Травматология и ортопедия России*. 2015;21(4):15-28. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-15-28. Karagodina M.P., Shubnyakov I.I., Tikhilov R.M., Pliev D.G., Denisov A.O. Adaptive bone remodeling around cementless femoral stems with two different designs: Fitmore and Alloclassic. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015;21(4):15-28. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-15-28.
- Knutsen A.R., Lau N., Longjohn D.B., Ebrahimi S., Sangiorgio S.N. Periprosthetic femoral bone loss in total hip arthroplasty: systematic analysis of the effect of stem design. *Hip Int*. 2017;27(1):26-34. doi: 10.5301/hipint.5000413.
- Mueller L.A., Nowak T.E., Haeberle L., Mueller L.P., Kress A., Voelk M. et al. Progressive femoral cortical and cancellous bone density loss after uncemented tapered-design stem fixation. *Acta Orthop*. 2010;81(2):171-177. doi: 10.3109/17453671003635843.
- Руководство по хирургии тазобедренного сустава. Под ред. Тихилова Р.М., Шубнякова И.И. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2014. Т. 1, гл. 8. с. 287-343. Guidelines on hip surgery. Ed. by R. Tikhilov, I. Shubnyakov. Saint-Petersburg; 2014. Vol. 1, Ch. 8. p. 287-343. (In Russian).
- Engh C.A., Bobyn J.D., Glassman A.H. Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br*. 1987;69(1):45-55. doi: 10.1302/0301-620X.69B1.3818732.
- Руководство по хирургии тазобедренного сустава. Под ред. Тихилова Р.М., Шубнякова И.И. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2015. Т. 2, гл. 13. с. 124-168. Guidelines on hip surgery. Ed. by R. Tikhilov, I. Shubnyakov. Saint-Petersburg; 2015. Vol. 2, Ch. 13. p. 124-168. (In Russian).
- Караманов С.В. Особенности эндопротезирования тазобедренного сустава эндопротезом Цваймюллера. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2006;(3):26-35. Kagramanov S.V. Features of hip arthroplasty with Zweimüller endoprosthesis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2006;(3):26-35. (In Russian).

17. Kolb A., Grübl A., Schneckener C.D., Chiari C., Kaider A., Lass R. et al. Cementless total hip arthroplasty with the rectangular titanium Zweymüller stem: a concise follow-up, at a minimum of twenty years, of previous reports. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(18):1681-1684. doi: 10.2106/JBJS.K.01574.
18. Grübl A., Chiari C., Giurea A., Gruber M., Kaider A., Marker M. et al. Cementless total hip arthroplasty with the rectangular titanium Zweymüller stem. A concise follow-up, at a minimum of fifteen years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(10):2210-2215. doi: 10.2106/JBJS.E.00810.
19. Suckel A., Geiger F., Kinzl L., Wulker N., Garbrecht M. Long-term results for the uncemented Zweymüller/Alloclassic hip endoprosthesis. A 15-year minimum follow-up of 320 hip operations. *J Arthroplasty.* 2009;24(6):846-853. doi: 10.1016/j.arth.2008.03.021.
20. Kokoszka P., Markuszewski J., Łapaj Ł., Wierusz-Kozłowska M. Remodeling of bone tissue around the distal part of Zweymüller stem. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2015;17(4):371-380. doi: 10.5604/15093492.1173379.
21. Nakamura S., Minoda Y., Ohta Y., Sugama R., Yamamura K., Ueyama H. et al. Preoperative Morphology of the Proximal Femoral Canal Did Not Affect the Postoperative Bone Mineral Density Change Around the Zweymüller-Type Stem. *Orthopedics.* 2019;42(5):e449-e453. doi: 10.3928/01477447-20190604-04.
22. Tang H., Huang X., Cheng X., Yang D., Huang Y., Zhou Y. Evaluation of peri-prosthetic radiolucent lines surrounding the cementless femoral stem using digital tomosynthesis with metal artifact reduction: a cadaveric study in comparison with radiography and computed tomography. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10(9):1786-1800. doi: 10.21037/qims-19-1018.
23. Tanaka A., Kaku N., Tabata T., Tagomori H., Tsumura H. Comparison of early femoral bone remodeling and functional outcome after total hip arthroplasty using the SL-PLUS MIA stem with and without hydroxyapatite coating. *Musculoskelet Surg.* 2020;104(3):313-320. doi: 10.1007/s12306-019-00622-1.
24. Hoornenborg D., Sierevelt I.N., Spuijbroek J.A., Cheung J., van der Vis H.M., Beimers L. et al. Does hydroxyapatite coating enhance ingrowth and improve longevity of a Zweymüller type stem? A double-blinded randomised RSA trial. *Hip Int.* 2018;28(2):115-121. doi: 10.5301/hipint.5000549.
25. Hoornenborg D., Schweden A.M.C., Sierevelt I.N., van der Vis H.M., Kerkhoffs G., Haverkamp D. The influence of hydroxyapatite coating on continuous migration of a Zweymüller-type hip stem: a double-blinded randomised RSA trial with 5-year follow-up. *Hip Int.* 2023;33(1):73-80. doi: 10.1177/11207000211006782.

#### Сведения об авторах

✉ *Риахи Аймен* – канд. мед. наук

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,

ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0001-8407-5453>

e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

*Шубняков Игорь Иванович* – д-р мед. наук

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

e-mail: [shubnyakov@mail.ru](mailto:shubnyakov@mail.ru)

*Серета Андрей Петрович* – д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

e-mail: [drsereda@gmail.com](mailto:drsereda@gmail.com)

*Черкасов Магомед Ахмедович* – канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-2799-532X>

e-mail: [dr.medik@gmail.com](mailto:dr.medik@gmail.com)

*Хужаназаров Илхом Эшкулович* – д-р мед. наук,

профессор

e-mail: [ilkhom707@mail.ru](mailto:ilkhom707@mail.ru)

*Тихилов Рашид Муртузалиевич* – д-р мед. наук,

профессор, чл.-корр. РАН

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

e-mail: [rtikhilov@gmail.com](mailto:rtikhilov@gmail.com)

#### Authors' information

✉ *Ayzen Riahi* – Cand. Sci. (Med.)

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,

Russia

<https://orcid.org/0000-0001-8407-5453>

e-mail: [riahi\\_aymen@outlook.com](mailto:riahi_aymen@outlook.com)

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

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

e-mail: [shubnyakov@mail.ru](mailto:shubnyakov@mail.ru)

*Andrei P. Sereda* – Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>

e-mail: [drsereda@gmail.com](mailto:drsereda@gmail.com)

*Magomed A. Cherkasov* – Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-2799-532X>

e-mail: [dr.medik@gmail.com](mailto:dr.medik@gmail.com)

*Ilkhom E. Khujanazarov* – Dr. Sci. (Med.), Professor

e-mail: [ilkhom707@mail.ru](mailto:ilkhom707@mail.ru)

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

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

e-mail: [rtikhilov@gmail.com](mailto:rtikhilov@gmail.com)



## Сравнительная оценка использования индивидуальных 3D-компонентов и стандартных имплантатов для реконструкции вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании

В.Ю. Мурылев<sup>1,2</sup>, Г.А. Куковенко<sup>1,2</sup>, П.М. Елизаров<sup>1,2</sup>, Я.А. Рукин<sup>2</sup>, А.В. Музыченков<sup>1,2</sup>,  
А.И. Руднев<sup>1,2</sup>, А.Г. Жучков<sup>1</sup>, С.С. Алексеев<sup>1</sup>, Д.С. Бобров<sup>1,2</sup>, В.Г. Германов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)» Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Использование индивидуальных вертлужных 3D-компонентов является одним из перспективных методов реконструкции вертлужной впадины при ее значительных дефектах, в том числе сопровождающихся диссоциацией костей таза, позволяет добиться стабильной фиксации и восстановить биомеханику тазобедренного сустава.

**Цель исследования** — сравнить результаты применения индивидуально изготовленных 3D-компонентов, опорных антипротрузионных колец, аугментов и гемисферических компонентов в ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава при костных дефектах типа IIIВ по классификации W.G. Paprosky.

**Материал и методы.** Проведен анализ результатов лечения 90 пациентов с костными дефектами типа IIIВ, которым выполнялось ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава в период с 2017 по 2022 г. Пациенты были разделены на три группы: в первой группе имплантировали индивидуальные 3D-компоненты вертлужной впадины, во второй группе — дефекты компенсировали аугментами и/или гемисферическим компонентом, в третьей группе устанавливали антипротрузионные кольца. Анализ был выполнен по следующим параметрам: причины ревизионного вмешательства, продолжительность операции, объем кровопотери, тип ревизионного вмешательства. Оценку выраженности болевого синдрома и функциональных результатов проводили с помощью шкал WOMAC, Harris Hip Score, ВАШ.

**Результаты.** 3D-конструкции чаще имплантировали пациентам с диссоциацией костей таза. Установлена выраженная положительная динамика функциональных результатов в первой группе. После выполненных ревизионных вмешательств диагностировано 27 (30%) осложнений: нестабильность в суставе (вывих) у 10 (11,1%) пациентов, перипротезная инфекция — у 8 (8,8%), асептическое расшатывание компонентов — у 4 (4,4%), нейропатия седалищного нерва — у 5 (5,5%) пациентов. Количество осложнений было больше во второй и третьей группах пациентов.

**Заключение.** Изготовленные с использованием 3D-технологий индивидуальные компоненты являются приоритетным вариантом при ревизионном эндопротезировании у пациентов с дефектами типа IIIВ по классификации W.G. Paprosky, особенно с диссоциациями костей таза.

**Ключевые слова:** ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава, дефекты вертлужной впадины, нарушение целостности тазового кольца, индивидуальные вертлужные компоненты, 3D-печать.

**Для цитирования:** Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Рукин Я.А., Музыченков А.В., Руднев А.И., Жучков А.Г., Алексеев С.С., Бобров Д.С., Германов В.Г. Сравнительная оценка использования индивидуальных 3D-компонентов и стандартных имплантатов для реконструкции вертлужной впадины при ревизионном эндопротезировании. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):18-30. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2553>.

✉ Мурылев Валерий Юрьевич; e-mail: nmuril@yandex.ru

Рукопись получена: 27.01.2023. Рукопись одобрена: 07.06.2023. Статья опубликована онлайн: 07.08.2023.

© Мурылев В.Ю., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Рукин Я.А., Музыченков А.В., Руднев А.И., Жучков А.Г., Алексеев С.С., Бобров Д.С., Германов В.Г., 2023



## Comparative Evaluation of Custom-Made Components and Standard Implants for Acetabular Reconstruction in Revision Total Hip Arthroplasty

Valery Yu. Murylev<sup>1,2</sup>, Grigory A. Kukovenko<sup>1,2</sup>, Pavel M. Elizarov<sup>1,2</sup>, Yaroslav A. Rukin<sup>2</sup>, Aleksey V. Muzychenkov<sup>1,2</sup>, Alexander I. Rudnev<sup>1,2</sup>, Aleksandr G. Zhuchkov<sup>1</sup>, Semen S. Alekseev<sup>1</sup>, Dmitry S. Bobrov<sup>1,2</sup>, Valery G. Germanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> S.P. Botkin Moscow City Clinical Hospital, Moscow, Russia

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** The use of custom-made acetabular components is one of the promising methods for reconstruction of the acetabulum in cases of significant defects, including those associated with pelvic bone dissociation. It allows achieving stable fixation and restoring the biomechanics of the hip joint.

**Aim of the study** – to compare the results of using individually designed components, supportive antiprolusion rings, augments, and hemispherical components in revision total hip arthroplasty for type IIIB bone defects according to Paprosky classification.

**Methods.** The study analyzed the treatment outcomes of 90 patients with type IIIB bone defects who underwent revision total hip arthroplasty between 2017 and 2022. Patients were divided into three groups: the first group received individually designed acetabular components, the second group received augments with hemispheres, and the third group had antiprolusion cages implanted. The analysis included the reasons for revision surgery, operation duration, blood loss volume, and type of revision procedure. Pain and functional outcomes were assessed with WOMAC, Harris Hip Score, and VAS scales.

**Results.** 3D-printed constructs were more frequently implanted in patients with pelvic bone dissociation. The first group showed a significantly positive dynamic in functional outcomes. Complications were diagnosed in 27 (30%) cases: joint instability (dislocation) in 10 (11.1%) patients, periprosthetic infection in 8 (8.8%), aseptic loosening in 4 (4.4%), and sciatic nerve neuropathy in 5 (5.5%) patients. The number of these complications was higher in the second and third groups of patients.

**Conclusion.** Custom-made implants using 3D technologies are a preferable option for revision total hip arthroplasty in patients with type IIIB defects according to Paprosky classification, especially in cases of pelvic bone dissociation.

**Keywords:** revision total hip arthroplasty, acetabular defects, disruption of pelvic ring integrity, custom-made acetabular components, 3D printing.

**Cite as:** Murylev V.Yu., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Rukin Ya.A., Muzychenkov A.V., Rudnev A.I., Zhuchkov A.G., Alekseev S.S., Bobrov D.S., Germanov V.G. Comparative Evaluation of Custom-Made Components and Standard Implants for Acetabular Reconstruction in Revision Total Hip Arthroplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):18-30. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2553>.

✉ Valery Yu. Murylev; e-mail: nmuril@yandex.ru

Submitted: 27.01.2023. Accepted: 07.06.2023. Published online: 07.08.2023.

© Murylev V.Yu., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Rukin Ya.A., Muzychenkov A.V., Rudnev A.I., Zhuchkov A.G., Alekseev S.S., Bobrov D.S., Germanov V.G., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

В течение последних двух десятилетий отмечается значительное увеличение числа операций первичной артропластики крупных суставов, в связи с чем возрастает потребность в ревизионном оперативном лечении [1, 2, 3, 4]. Реконструкция вертлужной впадины при дефектах IIC, IIIA, IIIB по классификации W.G. Paprosky, особенно при нарушении целостности тазового кольца, является сложной задачей [5, 6]. Для восстановления вертлужной области с большими костными дефектами необходим широкий спектр стандартных имплантатов [7]. На сегодняшний день существует множество хирургических опций и техник для использования стандартных ревизионных имплантатов, однако добиться длительного их выживания не всегда удается [8]. Использование индивидуально изготовленных вертлужных компонентов является одним из наиболее эффективных вариантов реконструкции вертлужной впадины при ее значительных дефектах [9, 10, 11]. Применение 3D-компонентов при значительных костных дефектах, сопровождающихся диссоциацией костей таза, позволяет не только добиться стабильной фиксации, но и восстановить биомеханику тазобедренного сустава [12, 13].

*Цель исследования* — сравнить результаты применения индивидуально изготовленных 3D-компонентов, опорных антипротрузионных колец, аугментов и/или гемисферических компонентов в ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава при костных дефектах типа IIIB по классификации W.G. Paprosky.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено проспективное когортное исследование в период с 2017 по 2022 г. Проанализированы результаты лечения 90 пациентов с костными дефектами типа IIIB, которым выполнялось ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава.

#### *Критерии включения:*

- расшатывание вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава с костным дефектом типа IIIB по классификации W.G. Paprosky;
- выполнение второго этапа лечения перипротезной инфекции (ППИ) (удаление спейсера, установка компонентов эндопротеза).

#### *Критерии невключения:*

- ВИЧ, наркомания, психическая неадекватность;
- глубокая ППИ тазобедренного сустава;
- тяжелая соматическая патология, требующая активной коррекции и являющаяся противопоказанием к оперативному вмешательству или существенно увеличивающая операционный риск.

#### *Критерии исключения:*

- свищевая форма ППИ;
- декомпенсация соматической патологии перед оперативным лечением.

Всех пациентов разделили на три группы. В первую группу вошли 30 (33,3%) человек, которым имплантировали индивидуально изготовленные вертлужные 3D-компоненты; во вторую группу — 30 (33,3%) пациентов, у которых дефекты компенсировали аугментами и/или гемисферическим компонентом; третья группа представлена 30 (33,3%) пациентами, которым устанавливали антипротрузионные опорные кольца.

Показанием к ревизионному эндопротезированию было асептическое расшатывание компонентов эндопротеза или выполнение второго этапа ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава при лечении ППИ.

Перед оперативным вмешательством проводилось комплексное обследование всех пациентов с целью исключения ППИ, по рекомендациям II Согласительной конференции включающее:

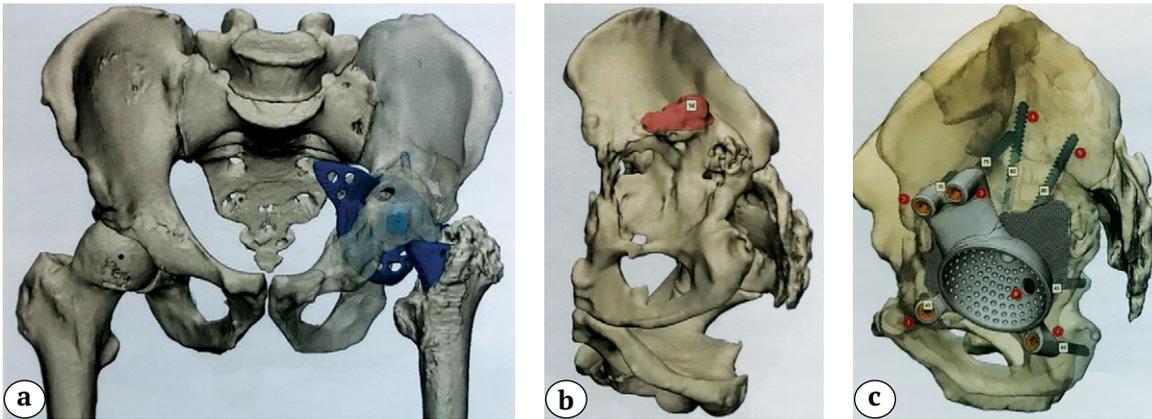
- клинический осмотр;
- оценку рентгенограмм таза и тазобедренного сустава;
- оценку показателей крови: СОЭ и С-реактивного белка;
- пункцию пораженного сустава с целью микробиологического и цитологического исследований [4].

### Изготовление индивидуальных вертлужных компонентов

Для 3D-реконструкции таза и его дефектов использовалась трехмерная КТ со срезами не более 0,6 мм и давностью не позднее двух недель. Затем КТ отправляли инженеру-конструктору, который формировал 3D-модель дефекта таза и изготавливал модель примерочного компонента с помощью программного обеспечения PМЕ Planner («МЕДТЭК», Россия) (рис. 1 а, б).

Затем совместно с хирургом создавали 3D-модель компонента для оценки возможного контакта имплантата с оставшейся костью пациента, определения вариантов направления фиксирующих винтов, выявления центра ротации бедра. Угол антеверсии мы выбрали 25°, угол инклинации — 45° (рис. 1 с).

С целью лучшего пространственного понимания имеющихся дефектов костей вертлужной области использовали изготовленные тактильные 3D-модели таза в масштабе 1:1, которые позволяют анализировать уже имеющуюся у пациента патологическую анатомию вертлужной области, правильно классифицировать костные дефекты и более точно позиционировать имплантат (рис. 2).



**Рис. 1.** Цифровое предоперационное планирование на основании 3D-визуализации:  
 а — оценка костного дефицита вертлужной впадины до удаления компонентов;  
 б — оценка костного дефицита после удаления компонентов эндопротеза (красным цветом выделен участок, который необходимо удалить перед имплантацией компонента для его точного позиционирования);  
 с — фиксация 3D-компонента в вертлужной области винтами

**Fig. 1.** Preoperative digital planning based on 3D visualization:  
 a — evaluation of acetabular bone defect before component removal;  
 b — evaluation of acetabular bone defect after component removal (the red area indicates the portion to be removed for accurate positioning of the implant component);  
 c — fixation of the 3D acetabular component with screws



**Рис. 2.** Тактильная 3D-модель таза в масштабе 1:1

**Fig. 2.** Tactile 3D model of the pelvis at a 1:1 scale



Для лучшей остеоинтеграции мы применяли пористую структуру на границе «имплантат – кость» с толщиной балок 0,45–0,50 мм. По внутренней поверхности вертлужного компонента создавались дополнительные углубления под шляпку спонгиозных костных винтов диаметром 6,5 мм с глубиной не более 0,2 мм. С целью контроля за нижним краем вертлужной впадины и ориентирования при позиционировании в ране примерочной модели и самого компонента мы просили производителей делать выемку диаметром до 1,5 см на «6 часах» (рис. 3). Внутренняя часть компонента предназначена для имплантации в него вертлужного компонента цементной фиксации. Нами использовались персонализированные имплантаты, изготовленные компанией ООО «ТИОС» (Россия).

### Хирургическая техника

После предварительной подготовки проводилось оперативное лечение. У пациентов, которым имплантировали индивидуально изготовленные конструкции, мы использовали переднелатеральный

**Рис. 3.** Индивидуально изготовленные фрагмент таза, компонент и примерочная модель вертлужной впадины. Дополнительная выемка на «6 часах» для ориентирования при позиционировании имплантата в ране

**Fig. 3.** Individually manufactured pelvis fragment, component, and trial model of the acetabulum.

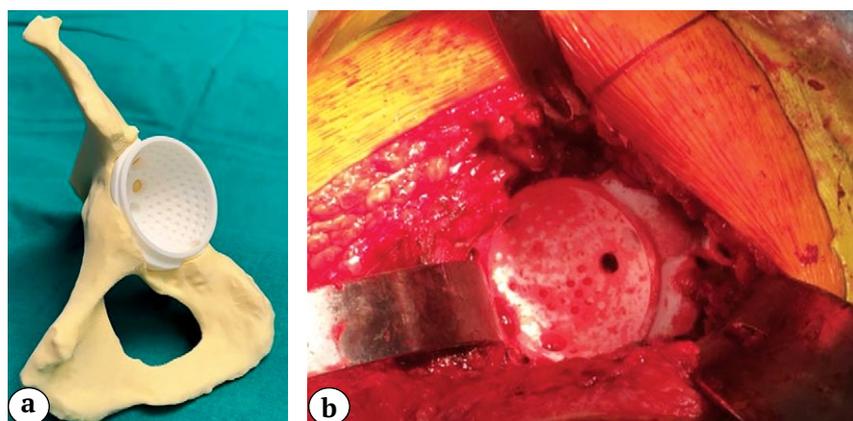
The red circle indicates an additional recess at «6 o'clock» for optional orientation during implant positioning

доступ к тазобедренному суставу, однако при отсутствии проксимального отдела бедренной кости доступ становился латеральным. Вслед за удалением компонентов эндопротеза проводилась санация операционной раны растворами антисептика — 5 л через систему Pulsavac (ZimmerBiomet). Затем проводилась обработка вертлужной области, формирование ложа для персонифицированного компонента и примерка 3D-модели на тестовом компоненте и в ране, оценивались ее конгруэнтность и стабильность (рис. 4).

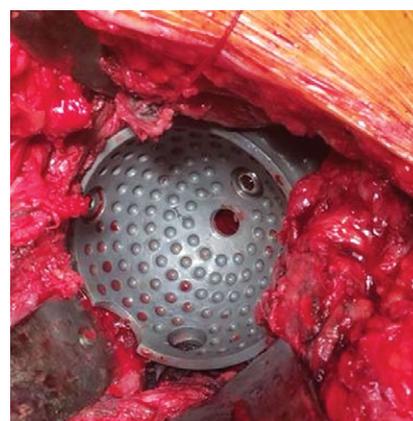
Затем выполняли имплантацию самого индивидуального вертлужного компонента (рис. 5). 3D-имплантат фиксировали винтами диаметром

6,5 мм и длиной от 30 до 80 мм согласно результатам предоперационного планирования.

Следует отметить, что конструкторы при формировании модели оценивают только наличие костной ткани. Однако зачастую мягкие ткани являются интерпонентом, который создает дополнительные трудности при позиционировании и установке 3D-модели. Для этого необходимо тщательно подготовить ложе с целью точной имплантации компонента. В послеоперационном периоде всем пациентам выполнялись контрольные рентгенограммы, а через 3 мес. — КТ с целью оценки стабильности и позиционирования установленных имплантатов (рис. 6).



**Рис. 4.** Примерка тестового компонента: а — на модели таза; б — в ране  
**Fig. 4.** Trial component fitting: a — on the pelvis model; b — in the wound



**Рис. 5.** Имплантация индивидуально изготовленного вертлужного компонента  
**Fig. 5.** Implantation of the individually designed 3D-printed acetabular component



**Рис. 6.** Оценка стабильности и позиционирования установленного индивидуально изготовленного вертлужного компонента: рентгенограммы (а) и томограммы (б) костей таза

**Fig. 6.** Evaluation of stability and positioning of the implanted 3D-printed acetabular component: X-ray images (a) and tomograms (b) of the pelvic bones



На сроках 3, 6 и 12 мес. после операции с целью оценки стабильности и возможного расшатывания имплантатов проводилась оценка рентгенограмм в трех зонах вертлужной впадины по DeLee–Charnley по линиям рентгенологического просветления [14].

Расшатывание вертлужного компонента выявлялось по следующим критериям:

- отрицательная динамика в расширении границ рентгенологического просветления;
- поломка винтов, фиксирующих вертлужные компоненты или их миграция;
- миграция вертлужного компонента более чем на 2 мм и изменение угла его наклона более чем на 4° [15];
- сдвиг центра ротации в сравнении с ранее выполненными рентгенограммами [16].

### Оценка результатов

Для проведения статистического анализа были выбраны следующие параметры: пол, возраст, индекс массы тела пациентов, причина ревизионного вмешательства, количество предыдущих оперативных вмешательств, продолжительность операции, интраоперационная кровопотеря, парциальное или полное ревизионное вмешательство, применение систем двойной мобильности. Оценку болевого синдрома и клинико-функционального результата мы проводили до оперативного лечения и через 3, 6, 12 мес., далее один раз в год с помощью шкал WOMAC, Harris Hip Score, ВАШ.

После оперативного лечения анализировали частоту и структуру осложнений: асептическое расшатывание, нестабильность эндопротеза, развитие ППИ и нейропатия седалищного нерва.

### Статистический анализ

Статистическую обработку полученных данных выполняли в программе IBM SPSS Statistics Base 22.0 for Windows. Для проверки на нормаль-

ность распределения использовался критерий Колмогорова–Смирнова. Показатели шкал Harris Hip Score, WOMAC и ВАШ имели ненормальное распределение при проверке с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Остальные показатели были расценены как показатели с нормальным распределением. Для дальнейшего анализа использовались следующие непараметрические критерии: ранговый критерий знаков Вилкоксона (исследование параметров до и после операции) и ранговый критерий Манна–Уитни (сравнительный анализ первой и второй групп). Для описания качественных признаков использовались относительные (%) и абсолютные частоты. Для сравнения двух независимых групп качественных признаков использовался  $\chi^2$  Пирсона. Значения непрерывных величин с нормальным распределением представлены либо как  $M \pm SD$ , где  $M$  – выборочное среднее,  $SD$  – стандартное отклонение, либо как медиана ( $Me$ ) [ $Q1$ ,  $Q3$ ] для ненормально распределенных данных в обеих группах. Статистически значимыми считались различия с критерием  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный нами анализ показал, что исследуемые группы были сопоставимы по полу, индексу массы тела, типам костных дефектов вертлужной впадины. Однако в первой группе отмечалось больше случаев костных дефектов типа IIIВ, сочетающихся с диссоциацией костей таза. Средний срок наблюдения в первой группе (с применением 3D-компонентов) составил 37 мес. (от 26 до 56), во второй группе (с применением аугментов и/или гемисферических компонентов) – 42 мес. (от 30 до 59), в третьей группе (с использованием опорных колец) – 40 мес. (от 27 до 58). Необходимо отметить, что первая группа пациентов превосходила пациентов второй и третьей групп по количеству ревизионных вмешательств в анамнезе ( $p < 0,05$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пациентов трех групп исследования

Показатель	Первая группа <i>n</i> = 30	Вторая группа <i>n</i> = 30	Третья группа <i>n</i> = 30	Всего <i>n</i> = 90
Средний возраст, лет	58,6	62,1	72,4	
ИМТ	29,3	28,7	27,6	
Пол	М	9	8	28
	Ж	19	21	62
Количество операций в анамнезе	3,8	2,36	2,1	

Окончание таблицы 1

Показатель	Первая группа n = 30	Вторая группа n = 30	Третья группа n = 30	Всего n = 90
<i>Тип дефекта</i>				
ШВ	30	30	30	90
в т.ч. диссоциация костей таза	15	3	4	22
<i>Причина ревизии</i>				
Асептическое расшатывание	24	24	19	67
Второй этап лечения ППИ	6	6	11	23

Несмотря на большую продолжительность и объем оперативного вмешательства в первой группе, средняя интраоперационная кровопотеря была больше во второй группе на 23,3 мл, чем в первой, и на 98 мл больше, чем в третьей. Из 22 случаев диссоциации костей таза в 15 слу-

чаях имплантировали индивидуальные 3D-конструкции, в 3 случаях использовали аугмент и/или гемисферу, в оставшихся 4 случаях применяли антипротрузионные кольца. Полные данные об интраоперационных показателях представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Интраоперационные показатели**

Показатель		Первая группа n = 30	Вторая группа n = 30	Третья группа n = 30	Всего n = 90
Выполнение импакционной костной пластики	Да	0	2	3	5
	Нет	30	28	27	85
Время операции, мин.		168,4 (±24,2)	129,2 (±23,1)	134,4 (±12,1)	
Интраоперационная кровопотеря, мл		696,7 (±127,1)	720 (±172,2)	622 (±152,3)	
Среднее количество используемых винтов, шт.		5,1 (±1,2)	4,6 (±2,1)	4,3 (±2,2)	
Использование компонентов двойной мобильности, шт.		21	0	8	29
Объем ревизионного вмешательства	Парциальное	6	14	9	29
	Полное	24	16	21	61

**Осложнения**

После ревизионных вмешательств было выявлено 27 (30%) осложнений, причем их количество было больше во второй и третьей группах пациентов (табл. 3).

У пациентов первой группы с 3D-конструкциями в 2 (6,6%) случаях была диагностирована глубокая ППИ, которая в одном случае закончилась летальным исходом. Во втором случае мы провели санацию с хорошим результатом, подразумевающим купирование инфекции, избавление пациента от болевого синдрома и хороший клинический исход.

В 2 (6,6%) случаях произошел вывих эндопротеза: в одном случае у пациентки с системой двой-

ной мобильности, в другом — со стандартными компонентами (рис. 7). У пациентки с системой двойной мобильности вывих произошел через 4 мес. после операции, а у пациентки со стандартным компонентов — через 3 нед. после операции. В обоих случаях нам пришлось выполнить открытое вправление с увеличением длины головки. Еще одно осложнение было получено через 23 мес. после парциального ревизионного эндопротезирования правого тазобедренного сустава. Оно было диагностировано только на контрольных рентгенограммах и проявлялось в виде поломки одного фланца, но на стабильность компонента и клиничко-функциональный результат это никак не повлияло (рис. 8).

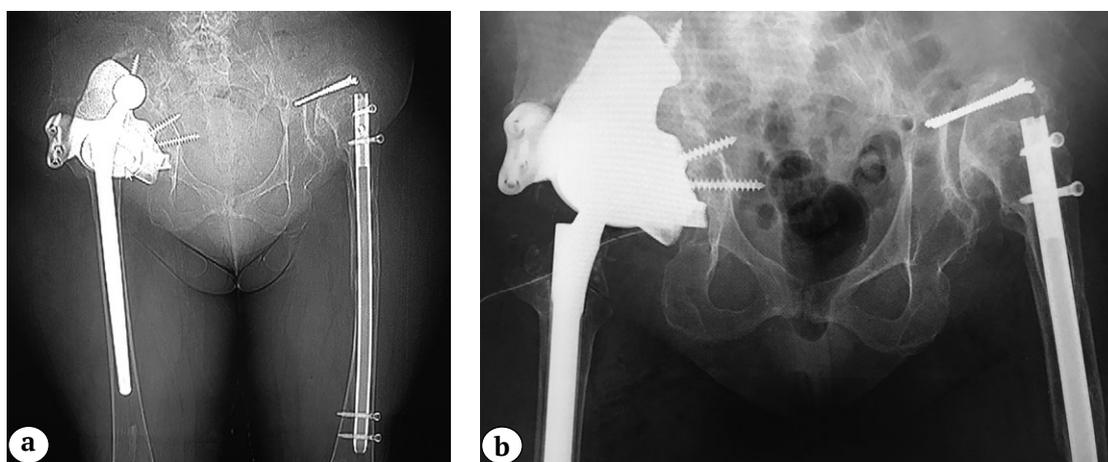
Для оценки исходов ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава важными показателями являются клинический

результат и интенсивность болевого синдрома. Оценка результатов по шкалам представлена в таблице 4.

Таблица 3

**Осложнения после ревизии в трех группах пациентов**

Осложнение	Первая группа n = 30	Вторая группа n = 30	Третья группа n = 30	Всего n = 90
Нестабильность в суставе	2 (6,6%)	4 (13,2%)	4 (13,2%)	10 (11,1%)
Перипротезная инфекция	2 (6,6%)	3 (10%)	3 (10%)	8 (8,8%)
Расшатывание компонентов	1 (3,3%)	2 (6,6%)	1 (3,3%)	4 (4,4%)
Нейропатия	1 (3,3%)	2 (6,6%)	2 (6,6%)	5 (5,5%)
Всего	6 (20%)	11 (36,6%)	10 (33,3%)	27 (30%)



**Рис. 7.** Рентгенограммы костей таза после ревизионного эндопротезирования правого тазобедренного сустава: а – вывих головки эндопротеза (система двойной мобильности); б – после открытого вправления и увеличения длины головки эндопротеза (система двойной мобильности)

**Fig. 7.** Pelvis X-rays after revision total hip replacement: а – dislocation of the prosthesis head (dual mobility system); б – after open reduction with an increase of the prosthesis head (dual mobility system)



**Рис. 8.** Рентгенограмма правого тазобедренного сустава через 2 года после частичного ревизионного эндопротезирования – поломка одного из фланцев 3D-компонента (обозначена стрелкой)

**Fig. 8.** X-ray of the right hip two years after partial revision hip replacement – fracture of one of the flanges of the 3D-printed component (indicated by an arrow)

Таблица 4

## Оценка результатов по шкалам

Группа	Harris Hip Score		WOMAC		ВАШ	
	до операции	после операции	до операции	после операции	до операции	после операции
Первая	27 [25,5;29,2]	78 [36,9;90,1]	76 [34,7;92,2]	7 [2,9;15,1]	9 [8,7;10]	0,5 [0,3;1,2]
Вторая	32 [24,3;38,2]	72 [38,2;91,7]	68 [31,9;82,1]	14 [7,7;28,5]	8 [7,9;9,8]	1,1 [0,8;2,5]
Третья	34 [29,2;39,5]	70 [32,5;85,9]	71 [32,8;85,4]	17 [9,9;32,9]	7 [6,7;8,9]	1,5 [0,7;3,1]

$p < 0,05$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ

По мере увеличения числа выполняемых операций первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у молодых пациентов неуклонно растет частота ревизионных вмешательств [17]. Так, по данным регистра Великобритании, в 2017 г. было выполнено более 8 тыс. ревизионных операций на тазобедренном суставе [18].

Каждая ревизионная операция — это сложная задача для хирурга, особенно при наличии массивного костного дефекта вертлужной впадины. Перед хирургом стоят такие задачи, как надежная фиксации компонента и обеспечение стабильности сустава. Для их решения необходимо грамотное предоперационное планирование, т.к. правильно интерпретированный костный дефект позволяет минимизировать риск ошибки и облегчить выполнение оперативного лечения [19].

Классификация костных дефектов вертлужной впадины, предложенная W.G. Paprosky в 1993 г. и основанная на рентгенологических признаках, удобна для использования при предоперационном планировании [13]. Однако она является несовершенной для углубленной диагностики, поскольку не позволяет определить ограниченность или неограниченность костного дефекта, а также не учитывает наличия диссоциации костей таза [20]. Поэтому для детальной оценки каждого дефекта вертлужной впадины необходимо выполнение КТ с последующей 3D-визуализацией.

M.S. Ibrahim с соавторами продемонстрировали хорошие результаты ревизионного эндопротезирования при одновременном использовании импакционной костной пластики и бесцементных компонентов с пористым покрытием. Однако авторы подчеркивают, что данный метод не может обеспечить длительную выживаемость имплантатов при обширных дефектах вертлужной впадины, таких как IIIA и IIIB [21]. Другие авторы сообщают о высоком уровне осложнений при использовании импакционной костной пластики или аллотрансплантатов для замещения массивных дефектов вертлужной впадины [22, 23]. Основным преимуществом

импакционной пластики является восстановление костной массы, особенно у молодых пациентов, которым со временем может потребоваться повторная ревизия [24, 25].

В ревизионной хирургии все чаще стали использовать металлические аугменты с танталовым покрытием. Однако для их хорошей фиксации с последующей остеоинтеграцией необходимо наличие достаточного количества костной ткани. M. Whitehouse с соавторами продемонстрировали достаточно высокую выживаемость (92%) через 10 лет после ревизионного эндопротезирования с использованием аугментов [26]. Благодаря своей универсальности аугменты позволяют хирургам в большинстве случаев выполнить реконструкцию вертлужной впадины. Но при их использовании требуется дополнительная обработка кости фрезами, что уменьшает запас костной ткани. Кроме того, ориентация винтов в аугментах параллельна, что не позволяет менять направление винтов для лучшей фиксации. Поэтому в некоторых случаях ревизионного эндопротезирования использование аугментов не позволяет полноценно восполнить костный дефект [8]. В нашем исследовании мы наблюдали 6,6% случаев асептического расшатывания компонентов при использовании аугментов.

Еще одним вариантом лечения пациентов со значительными костными дефектами вертлужной впадины являются опорные антипротрузионные кольца. Основным преимуществом данного метода является его низкая стоимость. Однако невозможность биологической фиксации не дает надежды на долговременную стабильность конструкции [27]. Поэтому использовать данный метод не рекомендуется у активных и молодых пациентов. В нашем исследовании средний возраст больных, которым имплантировали антипротрузионные кольца, составлял 72,4 года, что по классификации ВОЗ является пожилым возрастом.

При комбинированном дефиците передней и задней колонн вертлужной впадины ни один из стандартных ревизионных имплантатов не позволяет восстановить истинный центр ротации

головки бедренной кости. Единственным методом реконструкции обширного костного дефекта вертлужной впадины являются трехфланцевые индивидуально изготовленные 3D-конструкции, которые позволяют осуществить персонализированный подход к каждому случаю. Хотя этот метод более дорогостоящим по сравнению с использованием стандартных имплантатов [28], он часто бывает единственным возможным вариантом лечения [29]. Кроме того, наличие пористой поверхности имплантата в области его контакта с костным ложем способствует биологической фиксации и остеоинтеграции, что напрямую влияет на долговременную стабильность [30]. М.]. Taunton с соавторами продемонстрировали, что стоимость трехфланцевого индивидуально изготовленного компонента сопоставима со стоимостью бесцементной чашки с аугментами [31]. Р.М. Тихилов с соавторами считают, что при обширных дефектах использование индивидуальных вертлужных конструкций с экономической точки зрения является более эффективной стратегией лечения, чем имплантация серийных вертлужных компонентов [32].

А.А. Корыткин с соавторами выявили прямую корреляционную взаимосвязь между отклонением центра ротации после операции и последующей ревизией вертлужного компонента, что подтверждает важность восстановления анатомии тазобедренного сустава [33]. Имплантированный 3D-компонент позволяет восстановить предварительно спланированный центр анатомически правильной ротации.

Основными недостатками индивидуального изготовления вертлужных компонентов являются сложность предоперационного планирования и длительное изготовление конструкции [33]. С другой стороны, этот метод упрощает выполнение операции: нет необходимости имплантировать аллотрасплантаты, моделировать опорное кольцо, подбирать аугменты, кейджи и гемисферы для достижения адекватной фиксации [8, 34]. Однако в нашем исследовании на имплантацию персонализированного компонента было затрачено на 39,2 мин. больше, чем на установку аугмента с гемисферой, и на 34,0 мин. больше, чем на установку антипротрузионного кольца и чашки.

Частота осложнений после ревизионного эндопротезирования с применением индивидуальных конструкций достигает 26% [35]. А.С. Kawalkar с соавторами продемонстрировали, что при ис-

пользовании индивидуальных трехфланцевых конструкций количество вывихов, по разным данным, варьируется от 0% до 30%. В нашем исследовании частота вывихов составила 6,6% (2 из 30 пациентов) [36].

Многие авторы указывают на улучшение результатов по шкале Harris Hip Score с 25 баллов до операции до 75 и более после оперативного вмешательства при использовании персонализированных имплантатов [6, 9, 38, 39]. В нашем исследовании средний балл по Harris Hip Score увеличился с 27 [25,5; 29,2] до 78 [36,9; 90,1], что сопоставимо с данными литературы. Относительно невысокие показатели оценочных шкал после оперативного лечения свидетельствуют об изначально тяжелом состоянии пациентов, а также об объеме и сложности проведенного ревизионного эндопротезирования [6].

В нашем исследовании результаты в группе пациентов, которым имплантировали персонализированные конструкции, были в 1,08 раза выше по Harris Hip Score, чем в группе с аугментами, и в 1,10 раза выше, чем в группе с антипротрузионными кольцами. Аналогичные результаты мы получили по шкале WOMAC: результат был лучше в 1,95 раза, чем у пациентов с аугментами, и в 2,32 раза лучше, чем у пациентов с антипротрузионными кольцами. Количество осложнений в послеоперационном периоде у пациентов с индивидуальными конструкциями было в 1,83 раза меньше, чем у пациентов второй группы, и в 1,66 раза меньше, чем в третьей группе.

### Ограничения исследования

Данное исследование было ограничено недостаточно длительным сроком наблюдения — средний срок 42 мес. Периоды послеоперационного наблюдения были различными, что также могло повлиять на результаты сравнения этих трех групп.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изготовленные с использованием 3D-технологий индивидуальные конструкции являются приоритетным вариантом при выполнении ревизионного эндопротезирования у пациентов с дефектами типа IIIВ по классификации W.G. Paprosky, особенно сопровождающихся диссоциацией костей таза. Однако при использовании персонализированных компонентов не стоит рассчитывать на снижение продолжительности самой операции.

### DISCLAIMERS

#### Author contribution

Murylev V.Yu. — study concept and design, literature search and analysis, data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

#### Заявленный вклад авторов

Мурьев В.Ю. — дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание и редактирование текста статьи.

Куковенко Г.А. — дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста статьи.

Елизаров П.М. — дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и анализ данных.

Рукин Я.А. — сбор и анализ данных, написание и редактирование текста статьи.

Музыченков А.В. — сбор и анализ данных, написание и редактирование текста.

Руднев А.И. — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

Жучков А.Г. — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

Алексеев С.С. — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

Бобров Д.С. — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

Германов В.Г. — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

Kukovenko G.A. — study concept and design, literature search and analysis, data analysis and interpretation, writing the article.

Elizarov P.M. — study concept and design, literature search and analysis, data collection and processing.

Rukin Ya.A. — data collection and processing, writing and drafting the article.

Muzychenkov A.V. — data collection and processing, writing and drafting the article.

Rudnev A.I. — data collection and processing, drafting the article.

Zhuchkov A.G. — data collection and processing, drafting the article.

Alekseev S.S. — data collection and processing, drafting the article.

Bobrov D.S. — data collection and processing, drafting the article.

Germanov V.G. — data collection and processing, drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Yoon P.W., Lee Y.K., Ahn J., Jung E.J., Kim Y., Kwak H.S. et al. Epidemiology of hip replacements in Korea from 2007 to 2011. *J Korean Med Sci.* 2014;29(6):852-858. doi: 10.3346/jkms.2014.29.6.852.
2. Telleria J.J., Gee A.O. Classifications in brief: Paprosky classification of acetabular bone loss. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(11):3725-3730. doi: 10.1007/s11999-013-3264-4.
3. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О. Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений). *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(1):122-141. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O. Classifications of Acetabular Defects: Do They Provide an Objective Evidence for Complexity of Revision Hip Joint Arthroplasty? (Critical Literature Review and Own Cases). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019;25(1):122-141. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.
4. Parvizi J., Tan T.L., Goswami K., Higuera C., Della Valle C., Chen A.F. et al. The 2018 Definition of Periprosthetic Hip and Knee Infection: An Evidence-Based and Validated Criteria. *J Arthroplasty.* 2018;33(5): 1309-1314.e2. doi: 10.1016/j.arth.2018.02.078.
5. Dall'Ava L., Hothi H., Henckel J., Di Laura A., Shearing P., Hart A. Comparative analysis of current 3D printed acetabular titanium implants. *3D Print Med.* 2019;5(1):15. doi: 10.1186/s41205-019-0052-0.
6. Короткин А.А., Новикова Я.С., Морозова Е.А., Герасимов С.А., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. Индивидуальные трехфланцевые вертлужные компоненты при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава у пациентов со значительными дефектами вертлужной впадины: планирование, хирургическая техника, результаты. *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(2):20-30. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-20-30. Korytkin A.A., Novikova Ya.S., Morozova E.A., Gerasimov S.A., Kovaldov K.A., El moudni Yo.M. Custom Triflange Acetabular Components for Revision Hip Arthroplasty in the Patients with Severe Acetabular Defects: Planning, Surgical Technique, Outcomes. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2020;26(2):20-30. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-20-30.
7. Bozic K.J., Kamath A.F., Ong K., Lau E., Kurtz S., Chan V. et al. Comparative Epidemiology of Revision Arthroplasty: Failed THA Poses Greater Clinical and Economic Burdens Than Failed TKA. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(6):2131-2138. doi: 10.1007/s11999-014-4078-8.

8. Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Shubnyakov I.I. Standard Versus Custom-Made Acetabular Implants in Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022;37(1):119-125. doi: 10.1016/j.arth.2021.09.003.
9. Berend M.E., Berend K.R., Lombardi A.V., Cates H., Faris P. The patient-specific triflange acetabular implant for revision total hip arthroplasty in patients with severe acetabular defects: planning, implantation, and results. *Bone Joint J*. 2018;100-B (1 Suppl A):50-54. doi: 10.1302/0301-620X.100B1.BJJ-2017-0362.R1.
10. Zampelis V., Flivik G. Custom-made 3D-printed cup-cage implants for complex acetabular revisions: evaluation of pre-planned versus achieved positioning and 1-year migration data in 10 patients. Observational Study. *Acta Orthop*. 2021;92(1):23-28. doi: 10.1080/17453674.2020.1819729.
11. Yao A., George D.M., Ranawat V., Wilson C.J. 3D Printed Acetabular Components for Complex Revision Arthroplasty. *Indian J Orthop*. 2021;55(3):786-792. doi: 10.1007/s43465-020-00317-x.
12. Wyatt M.C. Custom 3D-printed acetabular implants in hip surgery – innovative breakthrough or expensive bespoke upgrade? *Hip Int*. 2015. 25(4):375-379. doi: 10.5301/hipint.5000294.
13. Aprato A., Giachino M., Bedino P., Mellano D., Piana R., Massè A. Management of Paprosky type three B acetabular defects by custom-made components: early results. *Int Orthop*. 2019;43(1):117-122. doi: 10.1007/s00264-018-4203-5.
14. DeLee J.G., Charnley J. Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;(121):20-32. doi: 10.1097/00003086-197611000-00003.
15. Jeong M., Kim H.J., Lim S.J., Moon Y.W., Park Y.S. Revision total hip arthroplasty using tantalum augmentin patients with Paprosky III or IV acetabular defects: a minimum 2-year follow up study. *Hip Pelvis*. 2016;28(2):98-103. doi: 10.5371/hp.2016.28.2.98.
16. Shi H.F., Xiong J., Chen Y.X., Wang J.f., Wang Y.H. Radiographic analysis of the restoration of hip joint center following open reduction and internal fixation of acetabular fractures: a retrospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15(1):277. doi: 10.1186/1471-2474-15-277.
17. Weber M., Renkawitz T., Voellner F., Craiovan B., Greimel F., Worlicek M. et al. Revision Surgery in Total Joint Replacement Is Cost-Intensive. *Biomed Res Int*. 2018;2018:8987104. doi: 10.1155/2018/8987104.
18. The National Joint Register. 15<sup>th</sup> Annual report; 2018. <https://www.hqip.org.uk/resource/national-joint-registry-15th-annual-report-2018/#.Y9FWQpZn2Uk>.
19. Durand-Hil M., Henckel J., Di Laura A., Hart A. Can custom 3D printed implants successfully reconstruct massive acetabular defects? A 3D-CT assessment. *J Orthop Res*. 2020;38(12):2640-2648. doi: 10.1002/jor.24752.
20. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Коваленко А.Н., Денисов А.О., Демин А.С., Ваграмян А.Г. и др. Какие особенности дефекта вертлужной впадины влияют на выбор ацетабулярного компонента при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава? *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(2):31-49. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49.
21. Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Kovalenko A.N., Denisov A.O., Demin A.S., Vahramyan A.G. et al. What Characteristics of the Acetabular Defect Influence the Choice of the Acetabular Component During Revision Hip Arthroplasty? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(2):31-49. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-31-49.
22. Ibrahim M.S., Raja S., Haddad F.S. Acetabular impaction bone grafting in total hip replacement. *Bone Joint J*. 2013;95-B (11 Suppl A):98-102. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.32834.
23. Lee P.T., Raz G., Safir O.A., Backstein D.J., Gross A.E. Long-term results for minor column allografts in revision hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(12):3295-3303. doi: 10.1007/s11999-010-1591-2.
24. Buttaro M.A., Comba F., Pusso R., Piccaluga F. Acetabular revision with metal mesh, impaction bone grafting, and a cemented cup. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(10):2482-2490. doi: 10.1007/s11999-008-0442-x.
25. Lakstein D., Backstein D., Safir O., Kosashvili Y., Gross A.E. Trabecular Metal cups for acetabular defects with 50% or less host bone contact. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(9):2318-2324. doi: 10.1007/s11999-009-0772-3.
26. Mancino F., Cacciola G., Di Matteo V., De Marco D., Greenberg A., Perisano C. et al. Reconstruction options and outcomes for acetabular bone loss in revision hip arthroplasty. *Orthop Rev (Pavia)*. 2020;12(Suppl 1):8655. doi: 10.4081/or.2020.8655.
27. Whitehouse M.R., Masri B.A., Duncan C.P., Garbuz D.S. Continued good results with modular trabecular metal augments for acetabular defects in hip arthroplasty at 7 to 11 years. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(2):521-527. doi: 10.1007/s11999-014-3861-x.
28. Hansen E., Shearer D., Ries M.D. Does a cemented cage improve revision THA for severe acetabular defects? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(2):494-502. doi: 10.1007/s11999-010-1546-7.
29. Eltorai A.E., Nguyen E., Daniels A.H. Three-Dimensional Printing in Orthopedic Surgery. *Orthopedics*. 2015;38(11):684-687. doi: 10.3928/01477447-20151016-05.
30. Gruber M.S., Jesenko M., Burghuber J., Hochreiter J., Ritschl P., Ortmaier R. Functional and radiological outcomes after treatment with custom-made acetabular components in patients with Paprosky type 3 acetabular defects: short-term results. Clinical Trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):835. doi: 10.1186/s12891-020-03851-9.
31. Berasi C.C. 4th, Berend K.R., Adams J.B., Ruh E.L., Lombardi A.V. Jr. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(2):528-535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z.
32. Taunton M.J., Fehring T.K., Edwards P., Bernasek T., Holt G.E., Christie M.J. Pelvic discontinuity treated with custom triflange component: a reliable option. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470(2):428-434. doi: 10.1007/s11999-011-2126-1.
33. Тихилов Р.М., Джавадов А.А., Денисов А.О., Чилилов А.М., Черкасов М.А., Билик С.С. и др. Анализ экономической эффективности использования индивидуальных и серийных вертлужных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Гений ортопедии*. 2022;28(2):234-240. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-2-234-240.

- Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Denisov A.O., Chililov A.M., Cherkasov M.A., Bilyk S.S. et al. Cost-effectiveness analysis of custom-made and serial acetabular components in revision hip arthroplasty. *Orthopaedic Genius*. 2022;28(2):234-240. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-2-234-240.
33. Короткин А.А., Захарова Д.В., Новикова Я.С., Горбатов Р.О., Ковалдов К.А., Эль Мудни Ю.М. Опыт применения индивидуальных трехфланцевых вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(4):101-111. doi:10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111. Korytkin A.A., Zakharova D.V., Novikova Ya.S., Gorbатов R.O., Kovaldov K.A., El Moudni Y.M. Custom Triflange acetabular components in Revision Hip Replacement (Experience Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;23(4):101-111. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-101-111.
34. Goodman G.P., Engh C.A.Jr. The custom triflange cup: build it and they will come. *Bone Joint J*. 2016;98-B (1 Suppl A):68-72. doi: 10.1302/0301-620X.98B.36354.
35. Van Eemeren A., Vanlommel J., Vandekerckhove M. Acetabular reconstruction with a custom-made triflange acetabular component through direct anterior approach - A case report. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(Suppl 2):S211-S213. doi: 10.1016/j.jcot.2020.02.006.
36. Kawalkar A.C., Kalanie A., Neil M.J. Excellent Midterm Results of Triflange Patient Matched Implants for Extensive Acetabular Bone Defect. *Hip Pelvis*. 2021;33(2):87-95. doi: 10.5371/hp.2021.33.2.87.
37. Berasi C.C. 4th., Berend K.R., Adams J.B., Ruh E.L., Lombardi A.V. Jr. Are custom triflange acetabular components effective for reconstruction of catastrophic bone loss? *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(2):528-535. doi: 10.1007/s11999-014-3969-z.
38. Citak M., Kochsiek L., Gehrke T., Haasper C., Suero E.M., Mau H. Preliminary results of a 3D-printed acetabular component in the management of extensive defects. *Hip Int*. 2018;28(3):266-271. doi: 10.5301/hipint.5000561.
39. DeBoer D.K., Christie M.J., Brinson M.F., Morrison J.C. Revision total hip arthroplasty for pelvic discontinuity. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):835-840. doi: 10.2106/JBJS.F.00313.

#### Сведения об авторах

✉ **Мурyleв Валерий Юрьевич** — д-р мед. наук, профессор  
Адрес: Россия, 119991, г. Москва, ул. Трубетская, д. 8, стр. 2  
<https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>  
e-mail: nmuril@yandex.ru

**Куконенко Григорий Андреевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-6700-0222>  
e-mail: gkukovenko@gmail.com

**Елизаров Павел Михайлович** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-0217-2434>  
e-mail: elizarov\_07@mail.ru

**Рукин Ярослав Алексеевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7355-8556>  
e-mail: yar.rukin@gmail.com

**Музыченков Алексей Владимирович** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-3933-672X>  
e-mail: amuzychenkov@inbox.ru

**Руднев Александр Игоревич**  
<https://orcid.org/0000-0003-4490-2922>  
e-mail: ruda310895@gmail.com

**Жучков Александр Геннадьевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-6486-4567>  
e-mail: Nas1674249@yandex.ru

**Алексеев Семен Сергеевич**  
<https://orcid.org/0000-0001-7599-7472>  
e-mail: semen.alekseev.92@mail.ru

**Бобров Дмитрий Сергеевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-1190-7498>  
e-mail: dsbmed@mail.ru

**Германов Валерий Григорьевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-1639-0555>  
e-mail: valgers@mail.ru

#### Authors' information

✉ **Valery Yu. Murylev** — Dr. Sci. (Med.), Professor  
Address: 8-2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-5753-8926>  
e-mail: nmuril@yandex.ru

**Grigory A. Kukovenko** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-6700-0222>  
e-mail: gkukovenko@gmail.com

**Pavel M. Elizarov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-0217-2434>  
e-mail: elizarov\_07@mail.ru

**Yaroslav A. Rukin** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7355-8556>  
e-mail: yar.rukin@gmail.com

**Aleksey V. Muzychenkov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-3933-672X>  
e-mail: amuzychenkov@inbox.ru

**Alexander I. Rudnev**  
<https://orcid.org/0000-0003-4490-2922>  
e-mail: ruda310895@gmail.com

**Aleksandr G. Zhuchkov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-6486-4567>  
e-mail: Nas1674249@yandex.ru

**Semen S. Alekseev**  
<https://orcid.org/0000-0001-7599-7472>  
e-mail: semen.alekseev.92@mail.ru

**Dmitry S. Bobrov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-1190-7498>  
e-mail: dsbmed@mail.ru

**Valery G. Germanov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-1639-0555>  
e-mail: valgers@mail.ru



Научная статья  
УДК 616.711.6-007.17-053.9  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-12024>

## Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста

В.С. Климов<sup>1,2,3</sup>, Р.В. Халепа<sup>4</sup>, Е.В. Амелина<sup>5</sup>, А.В. Евсюков<sup>6</sup>,  
А.Л. Кривошапкин<sup>1,2</sup>, С.О. Рябых<sup>3</sup>

<sup>1</sup> АО «Европейский медицинский центр», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», Минздрава России, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (г. Новосибирск), г. Новосибирск, Россия

<sup>5</sup> ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», г. Новосибирск, Россия

<sup>6</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Выбор метода оперативного лечения при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника (ПОП) затруднен в связи с отсутствием четких клинико-рентгенологических критериев диагностики и прямой зависимости между тяжестью рентгенологических проявлений заболевания и клинической симптоматикой.

**Цель исследования** — на основе анализа клинических, неврологических и рентгенологических характеристик пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника выделить доминирующие клинические и рентгенологические синдромы, определяющие снижение качества жизни и требующие хирургической коррекции.

**Материал и методы.** С использованием малоинвазивных технологий (изолированные декомпрессии, TLIF, LLIF, ALIF) в период с 2013 по 2017 г. оперировано 1013 пациентов (367 мужчин и 646 женщин) в возрасте 60–89 лет (в среднем 66 лет). Критерии выделения ведущих синдромов: боль в ноге/спине с пороговым значением 5 баллов по ВАШ, рентгенологические критерии клинической нестабильности по А.А. White и М.М. Panjabi (>5 баллов), угол Кобба >10°, маркеры сагиттального дисбаланса: индекс Barrey (II и III), повышение РТ выше целевых значений, дефицит L4-S1 и LL.

**Результаты.** Симптомы компрессии выявлены у 97% пациентов: синдром радикулопатии — у 665 (66%) больных с болями в ноге (в среднем 7 баллов по ВАШ), нейрогенная перемежающаяся хромота — у 319 (31%). Дегенеративный спондилолистез по рентгенологическим критериям выявлен у 428 (42%) пациентов, дегенеративная сколиотическая деформация — у 91 (9%). В соответствии с предложенными критериями доминирующий синдром компрессии определен у 624 (62%) пациентов, синдром клинической нестабильности — у 338 (33%), синдром деформации с сагиттальным дисбалансом — у 51 (5%).

**Заключение.** Синдромальная оценка клинических, неврологических и рентгенологических проявлений дегенеративной патологии обеспечивает возможность выделения доминирующего клинико-рентгенологического синдрома, требующего оперативного лечения и дифференцированного подхода к выбору оптимальной хирургической опции.

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания позвоночника, стеноз позвоночного канала, радикулопатия, минимально инвазивная хирургия позвоночника, пожилой возраст.

**Для цитирования:** Климов В.С., Халепа Р.В., Амелина Е.В., Евсюков А.В., Кривошапкин А.Л., Рябых С.О. Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):31-45. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12024>.

Амелина Евгения Валерьевна; e-mail: [amelina.evgenia@gmail.com](mailto:amelina.evgenia@gmail.com)

Рукопись получена: 26.05.2023. Рукопись одобрена: 11.08.2023. Статья опубликована онлайн: 13.09.2023.

© Климов В.С., Халепа Р.В., Амелина Е.В., Евсюков А.В., Кривошапкин А.Л., Рябых С.О., 2023



## Syndromic Assessment of Degenerative Disorders of the Lumbar Spine in Elderly Patients

Vladimir S. Klimov<sup>1,2,3</sup>, Roman V. Khalepa<sup>4</sup>, Evgeniya V. Amelina<sup>5</sup>, Alexei V. Evsukov<sup>6</sup>, Alexei L. Krivoschapkin<sup>1,2</sup>, Sergei O. Ryabykh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> European Medical Center; Moscow, Russia

<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Veltishev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russia

<sup>5</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>6</sup> National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

### Abstract

**Background.** The choice of the method and options for surgical treatment of degenerative pathology of the lumbar spine is difficult due to the lack of clear clinical and radiological criteria for diagnosis and a direct correlation between the severity of the radiological manifestations of the disease and clinical symptoms.

**The aim** of this study was to analyze the clinical and neurological characteristics of elderly patients with degenerative disorders of the lumbar spine and to identify the dominant clinical and radiologic syndromes.

**Methods.** Cohort of 1013 patients were operated using MIS technologies (decompression alone, TLIF, LLIF, ALIF) in the period 2013–2017 (367 male/646 female). The age range is 60–89 years (mean 66 years). The criteria for identifying the leading syndromes: leg pain/back pain with a threshold value of 5 points according to VAS, X-ray criteria for clinical instability by A.A. White and M.M. Panjabi (value >5 points), Cobb angle >10°, markers of sagittal imbalance: Index Barrey (II and III), PT increase above target values, L4-S1 and LL deficiency.

**Results.** Symptoms of compression were identified in 97% of patients. Radiculopathy syndrome was detected in 665 (66%) patients with mean leg pain 7 points, neurogenic intermittent claudication – in 319 (31%) patients. Degenerative spondylolisthesis according to radiological criteria was detected in 428 (42%) patients. Degenerative scoliotic deformity had 91 (9%) patients. In accordance with the proposed criteria, the dominant compression syndrome was determined in 624 patients (62%), clinical instability syndrome – in 338 (33%), deformity syndrome with sagittal imbalance – in 51 (5%).

**Conclusion.** Syndromic assessment of clinical, neurological and radiological manifestations of degenerative disorders provides the possibility of identifying the dominant syndrome requiring operative surgical treatment and a differentiated approach to choosing the optimal surgical option.

**Keywords:** elderly age, degenerative diseases, stenosis, syndromic assessment, minimal invasive surgery.

**Cite as:** Klimov V.S., Khalepa R.V., Amelina E.V., Evsukov A.V., Krivoschapkin A.L., Ryabykh S.O. Syndromic Assessment of Degenerative Disorders of the Lumbar Spine in Elderly Patients. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):31–45. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12024>.

✉ Evgeniya V. Amelina; e-mail: [amelina.evgenia@gmail.com](mailto:amelina.evgenia@gmail.com)

Submitted: 26.05.2023. Accepted: 11.08.2023. Published online: 13.09.2023.

© Klimov V.S., Khalepa R.V., Amelina E.V., Evsukov A.V., Krivoschapkin A.L., Ryabykh S.O., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Об увеличении количества пациентов старшей возрастной группы с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника (ПОП) и стенозом позвоночного канала (ПК) свидетельствуют современные эпидемиологические исследования [1, 2, 3]. Хирургические вмешательства на ПОП у пациентов старшей возрастной группы сопряжены с риском интра- и послеоперационных осложнений, частота которых ожидаемо увеличивается с возрастом и наличием сочетанной патологии, однако в доступных нам литературных источниках сведения о таком влиянии противоречивы [3, 4, 5]. Дополнительные сложности при оценке качества жизни пациентов старшей возрастной группы с дегенеративной патологией ПОП обусловлены отсутствием четких клинических и рентгенологических критериев диагностики, в том числе корреляционной связи между выраженностью рентгенологических проявлений болезни и клинической симптоматикой (болевого синдрома, неврологических синдромов, спондилолистез, сагиттальный дисбаланс), отсутствием единых принципов классификации, в частности у пациентов со стенозом ПК, критериев оценки качества жизни в послеоперационном периоде и исходов лечения [6, 7, 8].

*Цель исследования* — провести анализ клинических, неврологических и рентгенологических характеристик пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника и выделить доминирующие клинические и рентгенологические синдромы, определяющие снижение качества жизни и требующие хирургической коррекции.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное исследование. Период набора данных: январь 2013 г. — декабрь 2017 г. Возрастной коридор пациентов: 60–89 лет (66/65 (62;69) лет). Здесь и далее принят следующий формат описания данных: среднее/медиана (1-й; 3-й квартили).

*Критерии включения в исследование:*

- 1) пожилой и старческий возраст (60–75 и 75–90 лет по критериям ВОЗ 1963 г.);
- 2) дегенеративные изменения ПОП:
  - обусловленные грыжей межпозвонкового диска (МПД) и/или стенозом ПК с клиническими проявлениями в виде синдрома нейрогенной перемежающейся хромоты, радикулопатии или их сочетания;

- обусловленные нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) и/или деформацией позвоночника в сагиттальной (дегенеративный спондилолистез низкой степени градации 1–2 степени по классификации H.W. Meyerding) [9] и фронтальной (угол Cobb  $>10^\circ$  и  $\leq 30^\circ$ ) плоскостях с наличием стойкого болевого вертебрального синдрома в виде хронической боли в ПОП при осевой нагрузке 5 и более баллов по ВАШ;

- 3) отсутствие положительного эффекта от проведения комплексной консервативной терапии в течение 12 нед.

Материал исследования базируется на комплексном анализе клинико-неврологических проявлений у 1013 пациентов пожилого и старческого возраста с клинически значимыми дегенеративными заболеваниями ПОП: 367 (36%) мужчин и 646 (64%) женщин. Все пациенты были оперированы с применением различных минимально инвазивных технологий (MIS): изолированная микрохирургическая декомпрессия — 624, TLIF — 294, LLIF — 72, ALIF — 23. Во всех случаях проведение различных методов минимально инвазивного межтелового спондилодеза было дополнено MIS перкутанной ТПФ. Данная статья основана на результатах диссертационного исследования\*.

### Методы и критерии оценки

Протокол обследования включал сбор анамнеза, клинико-неврологическое обследование и лучевые методы диагностики. Для оценки степени выраженности болевого синдрома в спине и в нижних конечностях использовали визуальную аналоговую шкалу боли (ВАШ). Качество жизни оценивали по индексу Освестри (Oswestry Disability Index — ODI, 1976 [10]) и по шкале The Short Form-36 (SF-36). В качестве протокола количественной оценки синдрома нейрогенной перемежающейся хромоты использовали тест с определением дистанции самостоятельной ходьбы до появления основных клинических симптомов.

Всем пациентам, включенным в исследование, проводили магнитно-резонансную томографию (МРТ) на аппарате Avanto (Siemens) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл. На сагиттальных срезах T2-ВИ идентифицировали фораминальный стеноз с выделением трех степеней по классификации S. Lee с соавторами [11]. Для определения латерального стеноза ПК использовали критерии N. Mamisch с соавторами [12]. У пациентов с центральным стенозом определяли параметры ПК клинически значимого уровня компрессии корешков [12, 13]. Определение ведущего морфологическо-

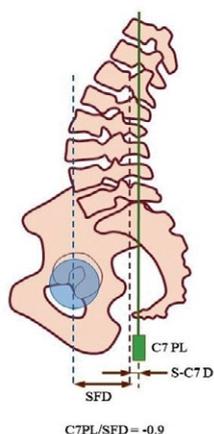
\* Климов В.С. Дифференцированный нейроортопедический подход к хирургическому лечению пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника: дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.15, 14.01.18. Новосибирск. 2021. 487 с.

го субстрата компрессии проводили по принципу клинико-морфологического соответствия. Оценку степени центрального стеноза ПК проводили полук количественным методом по классификации Schizas [14].

Мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) выполняли на спиральном 64-срезовом компьютерном томографе Somatom Definition (Siemens). Важным критерием оценки сагиттального баланса является отношение линии отвеса C7 к крестцово-бедренному расстоянию (C7 plumb line/sacrofemoral distance — C7/SFD).

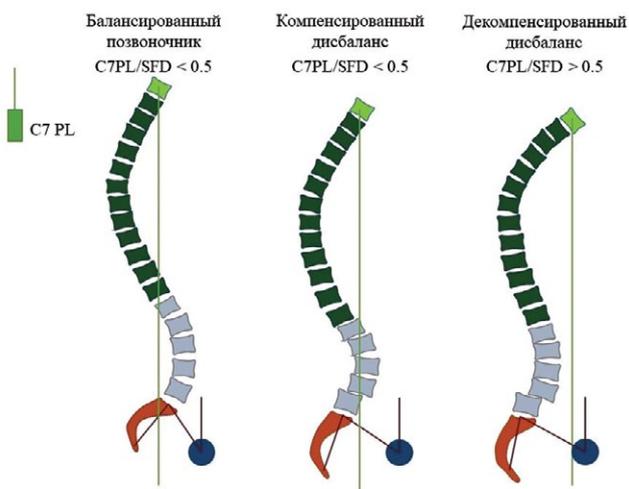
Этот параметр известен как индекс Barrey (IB), который является отношением между двумя расстояниями: первое — это дистанция между вертикальной линией, проведенной через головки бедренных костей, и линией отвеса C7; второе — это дистанция между линией отвеса C7 и вертикальной линией, проведенной через задний край верхней замыкательной пластинки S1 позвонка (рис. 1).

Этот индекс равен нулю в случае, если линия отвеса C7 проецируется точно на задний край верхней замыкательной пластинки S1 позвонка



**Рис. 1.** Схематическое изображение расчета индекса Barrey [15]

**Fig. 1.** Schematic representation of the calculation of the Barrey index [15]



ка, и равен единице, когда линия отвеса C7 проецируется точно на вертикальную линию через головки бедренных костей. В нормальной здоровой популяции его среднее значение составляет  $-0,9 \pm 1,0$ . Его значение является отрицательным, когда линия отвеса C7 проецируется кзади от крестца, а в случаях, когда линия отвеса C7 проецируется кпереди от головок бедренных костей, его значение превышает единицу. IB более точно отражает состояние глобального сагиттального баланса по сравнению с SVA, поскольку обеспечивает возможность учета переднезаднего размера таза, который меняется в зависимости от значения PI и имеющихся компенсаторных механизмов. В соответствии со степенью выраженности сагиттального дисбаланса выделяют три типа сагиттального профиля позвоночника: сбалансированный позвоночник (I тип), компенсированный дисбаланс (II тип) и декомпенсированный дисбаланс (III тип) (рис. 2) [15].

Рентгенография всех отделов позвоночника проводилась в положении стоя в двух проекциях с захватом головок бедренных костей для определения угла Cobb и показателей позвоночно-тазового баланса (ПТБ): PI, SS, PT, LL, ниже-поясничный лордоз L4-S1, SSA, SVA, индекс Barrey [16]. Исследования проводились на цифровой рентгеновской установке Axiom (Siemens). Для оценки клинически значимой нестабильности использовали критерии White–Panjabi (>5 баллов соответствовали нестабильности) [17]. Тип основной дуги искривления определялся в соответствии с классификацией SRS–Schwab [18].

### Статистический анализ

Гипотезу о нормальном распределении числовых данных проверяли с помощью критериев Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Так как основной объем количественных и шкальных данных не характеризовался нормальным распределением, то для описания данных применялся следующий формат: среднее/медиана (1-й; 3-й квартили). Сравнение групп производилось с помощью двухстороннего непараметрического критерия Манна–Уитни. За уровень статистической значимости принимали  $p < 0,05$ . Статистическая обработка данных производилась с помощью программного продукта R (базовый функционал).

**Рис. 2.** Классификация позвоночно-тазовых взаимоотношений с выделением трех типов глобального сагиттального баланса по IB [15]

**Fig. 2.** Classification of vertebral-pelvic relationships with the allocation of three types of global sagittal balance according to IB [15]

**РЕЗУЛЬТАТЫ****Общая характеристика когорты**

По уровню поражения ПДС доминировали пациенты с патологией в апикальном сегменте поясничного лордоза L4-L5 — 612 (60,4%) человек. Распределение пациентов по уровням поражения представлено в таблице 1.

Таблица 1  
**Распределение пациентов по уровням поражения**

Уровень	Число пациентов	
	<i>n</i>	%
L1-L2	6	0,5
L2-L3	27	2,6
L2-L3, L3-L4	11	1,1
L2-L3, L3-L4, L4-L5	20	2,0
L3-L4	121	12,0
L3-L4, L4-L5	69	6,8
L3-L4, L4-L5, L5-S1	2	0,2
L4-L5	612	60,4
L4-L5, L5-S1	28	2,8
L5-S1	117	11,6
Итого	1013	100,0

Большинство пациентов имели одноуровневый характер поражения ПОП — 883 (87%), клинически значимый стеноз ПК на двух уровнях определен у 108 (11%) больных, на трех — у 22 (2%). Большинство пациентов имели массу тела выше нормы. Средний индекс массы тела (ИМТ) составил 31,6. Ожирение (ИМТ  $\geq 30$ ) выявлено у 582 (57,5%) пациентов анализируемой когорты. У 999 (98,6%) пациентов выявлена сопутствующая соматическая патология, у подавляющего большинства больных выявленная сопутствующая патология была множественной — 844 (83,3%). Средний показатель коморбидности (CCI) в исследуемой когорте составил 63/77 (53; 90).

При клинико-неврологическом обследовании синдром радикулопатии выявлен у 665 (66%) пациентов, синдром нейрогенной перемежающейся хромоты — у 319 (31%) больных с дистанцией ходьбы 96/100 (50; 100) м. Таким образом, в 97% случаев компрессия нервных корешков в различных отделах ПК была основным фактором, определяющим снижение качества жизни у пациентов старшей возрастной группы.

По данным лучевых методов исследования, у 428 (42%) пациентов выявлен дегенеративный спондилолистез, из них по классификации Meyerding первая степень была определена у 390 (91%) больных, вторая степень — у 38 (9%). Однако количество пациентов с 5 и более баллами по критериям А.А. White и М.М. Panjabi составило 338 человек (33% от всего количества больных), что соответствовало клинической нестабильности ПДС. Дегенеративная сколиотическая деформация ПОП с углом Cobb во фронтальной плоскости от 10° до 30° диагностирована у 91 (9%) пациента, из которых только у 51 отмечены клинические и рентгенологические проявления сагиттального дисбаланса.

### **Оценка когорты с позиции доминирующих клинических и рентгенологических синдромов**

Для выделения доминирующих клинических и рентгенологических синдромов, требующих хирургической коррекции, мы использовали разработанный алгоритм выделения доминирующих синдромов: компрессии, нестабильности и деформации, в основу которого положен принцип клинико-морфологического соответствия имеющихся нарушений (рис. 3).

Для выделения доминирующего синдрома, определяющего имеющуюся клиническую и неврологическую симптоматику, а также необходимость хирургической коррекции, мы использовали пороговое значение болевого синдрома по ВАШ в 5 баллов, преобладание боли в спине или в ноге, наличие или отсутствие клинических симптомов сагиттального дисбаланса. Также были применены рентгенологические критерии нестабильности (пороговое значение 5 и более баллов по А.А. White and М.М. Panjabi), тип основной дуги искривления по классификации SRS-Schwab и маркер сагиттального дисбаланса — Index Barrey (IB).

Анализ основных клинико-неврологических и рентгенологических критериев больных старшего возраста мы проводили в трех группах пациентов, выделенных в зависимости от доминирующего клинического и рентгенологического синдрома: группа 1 — доминирующий синдром компрессии, группа 2 — нестабильность ПДС, группа 3 — дегенеративная деформация с сагиттальным дисбалансом (табл. 2). По исходным возрастным и гендерным признакам эти группы между собой не отличались ( $p > 0,05$ ).

Основные клинические показатели и неврологические синдромы, характеризующие анализируемую когорту пациентов, представлены в таблице 3.

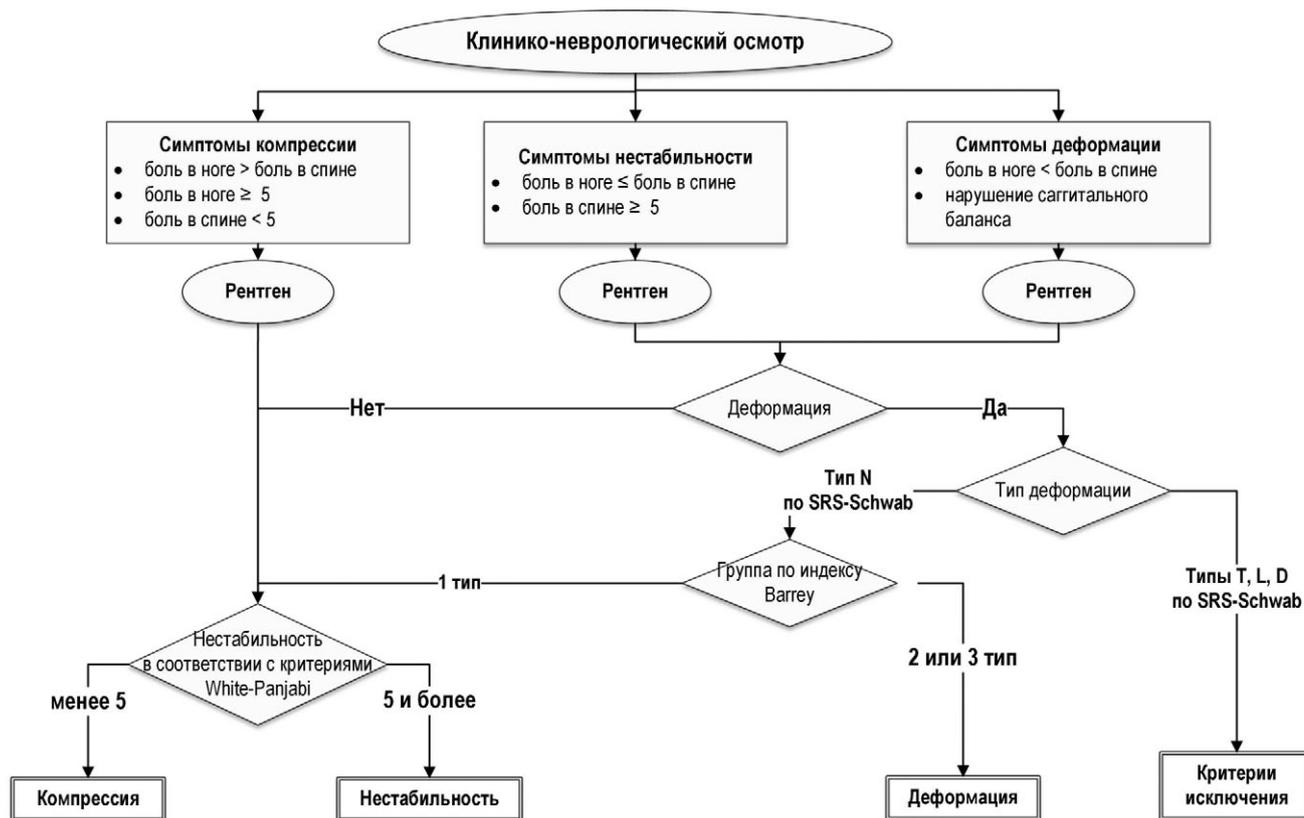


Рис. 3. Алгоритм выделения доминирующего клинического синдрома  
 Fig. 3. Algorithm for identifying the dominant clinical syndrome

Таблица 2

**Характеристика групп пациентов в соответствии с выделенным доминирующим синдромом**

Показатель	Группа 1 (n = 624)	Группа 2 (n = 338)	Группа 3 (n = 51)
Критерии White – Panjabi	<5	≥5	<5
ВАШ боль в ноге (среднее), баллы	6,9	6,5	5,9
ВАШ боль в спине (среднее), баллы	5,4	7,2	6,6

Таблица 3

**Клинические показатели больных анализируемой когорты**

Показатель	Группа 1 (n = 624)	Группа 2 (n = 338)	Группа 3 (n = 51)	Итого (n = 1013)
<i>Неврологические синдромы</i>				
Радикулопатия	479 (77%)	154 (46%)	32 (63%)	665 (66%)
Нейрогенная хромота	145 (23%)	163 (48%)	11 (21%)	319 (31%)
Изолированный вертебральный болевой синдром	–	21 (6%)	8 (16%)	29 (3%)

Показатель	Группа 1 (n = 624)	Группа 2 (n = 338)	Группа 3 (n = 51)	Итого (n = 1013)
<i>Клиническая характеристика</i>				
ИМТ	30,6/30,1 (26,8; 33,6)	33,2/33 (28,8; 36,6)	32,9/33,5 (29,2; 36,3)	31,6/31,1 (27,6; 35,1)
ВАШ боль в спине, баллы	5,4/6 (4; 7)	7,2/7 (6; 8)	6,6/6 (5; 8)	6,1/6 (5; 8)
ВАШ боль в ноге, баллы	6,9/7 (5; 8)	6,5/7 (5; 8)	5,9/6 (5; 8)	6,7/7 (5; 8)
ODI, баллы	55/56 (42; 68)	58/60 (52; 66)	56/54 (45; 62)	56,2/57 (44; 66)
SF-36 РН, баллы	27/26 (23; 30)	26/26 (22; 30)	25/24 (22; 28)	26,6/26 (23; 30)
SF-36 МН, баллы	29/28 (22; 34)	27/26 (20; 32)	26/26 (22; 28)	27,9/27 (22; 33)
CCI, %	64/77 (53; 90)	62/77 (53; 90)	58/77 (21; 90)	63/77 (53; 90)
Дистанция ходьбы (319 пациентов), м	105/100 (50; 150)	88/100 (50; 100)	103/75 (50; 125)	96/100 (50; 100)
White – Panjabi, баллы	2,9/3 (2; 4)	6,3/6 (6; 7)	3,7/4 (2;4)	–
Дегенеративный сколиоз	21	19	51	91
Угол Cobb (сколиоз), °	17,9/14 (13; 22)	18/17 (13; 23)	16,5/15 (11; 20)	–

Группа 1 представлена 624 (62%) пациентами с преобладанием симптомов компрессии корешков конского хвоста в виде радикулопатии, нейрогенной перемежающейся хромоты либо их сочетания. У всех этих больных в клинической картине преобладали симптомы компрессии корешков конского хвоста над степенью выраженности болевого вертебрального синдрома. По данным лучевых методов исследования, у 81 (12,8%) пациента группы 1 выявлен дегенеративный спондилолистез, из них по классификации Meyerding 1-я степень была определена у 96,3% больных, 2-я степень – у 3,7%. Дегенеративный сколиоз ПОП типа N с углом Cobb во фронтальной плоскости от 10° до 30° диагностирован у 21 (3,4%) пациента. Значение угла Cobb у них составило 17,9/14 (13,4; 21,8)°. У пациентов первой группы отсутствовали явные признаки клинической нестабильности ПДС, а показатель по критериям А.А. White и М.М. Panjabi составил 2,9/3 (2; 4) балла.

С учетом неоднородной клинической симптоматики и критериев диагностики различных ви-

дов стеноза ПК по данным МРТ пациенты группы 1 были разделены на три подгруппы, исходя из определения для каждого пациента основного фактора компрессии корешков конского хвоста и подтверждения данными лучевых методов исследования факта наличия компрессии на соответствующем топической диагностике уровне [19]. Схема распределения пациентов группы 1 на подгруппы в зависимости от локализации компрессии и его основного морфологического субстрата представлена на рисунке 4.

У 393 (63,0%) пациентов подгруппы 1 единственным морфологическим субстратом компрессии по данным МРТ была грыжа МПД, располагавшаяся на уровне боковых и парамедианных отделов ПК, которая вызывала сдавление корешка в латеральном кармане с устойчивым дискорадикулярным конфликтом. Из них у 28 (4,5%) пациентов компрессия корешка была выявлена на уровне межпозвонкового отверстия латеральнее наружной педикулярной линии, а морфологическим субстратом компрессии являлась экстрафорами-



**Рис. 4.** Распределение пациентов группы 1 на подгруппы в зависимости от локализации компрессии и его основного морфологического субстрата

**Fig. 4.** Distribution of patients in group 1 into subgroups depending on the localization of compression and its main morphological substrate

нальная грыжа МПД. У всех этих больных по классификации S. Lee определялась 3-я степень фораминального стеноза с компрессией выходящего из межпозвоночного отверстия нервного корешка.

Подгруппа 2 (86 (13,8%) пациентов) — клиническая симптоматика и рентгенологическая семиотика по критериям Mamisch соответствовали латеральному стенозу ПК, что клинически проявлялось монорадикулярным болевым синдромом вследствие компрессии проходящего корешка.

У 145 (23,2%) пациентов (подгруппа 3) выявлен центральный стеноз ПК, который клинически проявлялся синдромом нейрогенной перемежающейся хромоты. В большинстве случаев (106 больных) симптомы нейрогенной хромоты сочетались с симптомами компрессии корешков в виде динамической радикулопатии, которая имела как односторонний, так и двухсторонний характер. По критериям С. Schizas стеноз степени В выявлен у 8 (5,5%), С — 69 (47,6%) и D — 68 (46,9%) пациентов.

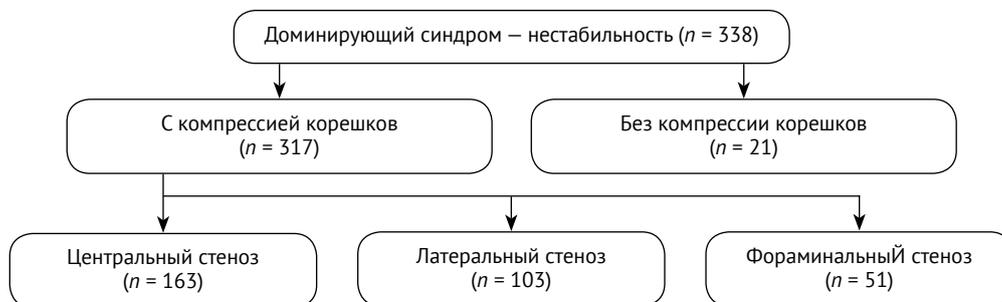
Группа 2 представлена 338 (33%) пациентами с доминирующим синдромом клинической нестабильности (5 и более баллов по критериям А.А. White и М.М. Panjabi — средний балл у них составил 6,3/6 (6; 7)). У всех больных группы 2 в клинической картине отмечалось наличие болевого вертебрального синдрома (ВАШ >5 баллов). У 48,3% больных группы 2 в клинической картине отмечалось преобладание болевого вертебрального синдрома (боль в спине по ВАШ  $\geq$ 5 баллов) над степенью выраженности болевого синдрома в нижних конечностях, обусловленного компрессией корешков конского хвоста в виде радикулопатии, нейрогенной перемежающейся хромоты либо их сочетания. У 317 (93,8%) пациентов нестабильность ПДС сочеталась с симптомами компрессии корешков конского хвоста. Только у 21 пациента этой группы отсутствовали симптомы компрессии нервных корешков. Преобладали пациенты с 1-й степенью спондилолистеза по классификации Н.В. Meyerding — 278 (89,1%), а спондилолистез 2-й степени был определен только у 34

(10,9%). У 26 (7,7%) пациентов синдром клинической нестабильности ПДС не сопровождался развитием спондилолистеза. Дегенеративная сколиотическая деформация ПОП с углом Cobb во фронтальной плоскости от 10° до 30° диагностирована у 19 (5,6%) пациентов, при этом имеющаяся деформация существенно не влияла на качество жизни и нарушение жизнедеятельности (ODI 47/47 (32; 52), SF-36 PH — 24/23 (22; 27), SF-36 MH- 26/26 (20; 30), что не отличалось от показателей пациентов группы 2с углом Cobb, не превышающим 10°).

Схематическое распределение пациентов группы 2 в зависимости от локализации компрессии и ее основного морфологического субстрата представлено на рисунке 5.

В 154 (45,6%) случаях отмечалось сочетание вертеброгенного болевого синдрома с синдромом радикулопатии за счет прямой компрессии нервного корешка по данным лучевых методов исследования: у 103 (30,5%) пациентов за счет латерального стеноза на уровне нестабильного ПДС, в 51 (15,1%) случае — фораминального стеноза. У 163 (48,2%) больных выявлено сочетание вертеброгенного болевого синдрома с клиническими проявлениями нейрогенной перемежающейся хромоты, обусловленной центральным стенозом ПК на уровне нестабильного ПДС. У этих больных по данным МРТ в соответствии с критериями С. Schizas стеноз степени А4 выявлен у 1 (0,6%) пациента, В — у 33 (20,3%), С — у 77 (47,2%) и D — у 52 (31,9%).

Значения рентгенологических параметров ПОП пациентов группы 2 представлены в таблице 4. Как следует из представленной таблицы, большинство пациентов имеют высокие показатели PI. Необходимо отметить имеющийся дефицит нижнепоясничного и глобального поясничного лордоза с отклонением от целевых значений средних показателей. Следовательно, дефицит глобального поясничного лордоза (LL) и нижнепоясничного лордоза (LL4-S1) можно рассматривать как триггер развития у них нарушений позвоночно-тазовых взаимоотношений.



**Рис. 5.** Распределение пациентов группы 2 в соответствии с локализацией и ведущим морфологическим субстратом компрессии

**Fig. 5.** Distribution of patients in group 2 according to localization and leading morphological substrate of compression

Таблица 4

**Рентгенологические параметры пациентов группы 2, град.**

Сагиттальные модификаторы	Значение
PI	56,4/57 (48,5; 63)
LL	54,6/55 (46; 63,5)
Целевой LL	58,1/58,4 (53,8; 61,6)
LL4-S1	30,9/31,5 (23,9; 38)
Целевой LL4-S1	38,3/38,5 (35,5; 40,7)
PT	22,5/22 (16; 27)
Целевой PT (с корректировкой на возраст)	24/25,1 (22; 25,1)
Целевой PT (формула)	13,4/13,7 (9,9; 16,3)
SS	34,1/33,4 (27,8; 41,2)
SL	6,2/5,9 (3; 9)
SVA	20,1/17 (-13; 37)
PI-LL	1,8/1 (-6,3; 8)

Группа 3 представлена 51 пациентом (5% от всей когорты больных) с доминирующим синдромом деформации во фронтальной плоскости с углом Cobb от 10° до 30°, определяющим снижение качества жизни и нарушение жизнедеятельности. Этим пациентов не только беспокоили болевой вертебральный (100% больных группы 3) и различного вида компрессионные синдромы (84%), но и все они предъявляли жалобы на невозможность длительного нахождения в положении стоя, нарушение функции ходьбы, связанное с трудностями удержания тела в вертикальном положении, обусловленные нарушением локального либо глобального сагиттального баланса позвоночника с превышением нормативных показателей сагиттальных модификаторов (IV II и III типов).

Угол Cobb в группе составил 16,5/15° (11; 20°). По данным лучевых методов исследования, у 35 больных группы 3 (68,6%) на фоне дегенеративной сколиотической деформации выявлен дегенеративный спондилолистез на одном уровне ( $n = 9$ ), на двух уровнях ( $n = 23$ ), на трех уровнях ( $n = 3$ ). Из них 1-я степень по классификации H.W. Meyerding была определена у 34 больных, а 2-я степень — у 1 пациента. По данным рентгенографии с функциональными пробами, до операции не было выявлено нестабильности ПДС, что соответствовало 3,7/4 (2;4) баллам (менее 5 баллов по А.А. White и М.М. Panjabi). Рентгенологические характеристики пациентов группы 3 представлены в таблице 5.

Как следует из представленных данных, все пациенты группы 3 имели сагиттальный дисбаланс ПОП с дефицитом LL4-S1, LL, SSA, увеличением PT выше целевых индивидуальных значений.

Таблица 5

**Рентгенологические параметры пациентов группы 3, град.**

Сагиттальные модификаторы	Значение
PI	53/53 (46; 60)
LL	43,6/45 (36; 52,5)
Целевой LL	56,3/56,2 (52,2; 59,7)
LL4-S1	26,4/27 (17,5; 36)
Целевой LL4-S1	37,1/37,1 (34,4; 39,4)
PT	21,9/22 (17; 26,5)
Целевой PT (с корректировкой на возраст)	24,3/25,1 (22; 25,1)
Целевой PT (формула)	12/11,9 (8,6; 14,8)
SS	31,2/31 (26; 36)
SSA	118,8/120 (113,5; 125)
SVA	46,3/43 (16,5; 67,5)
PI-LL	9,5/8 (0,5; 17)
TK	33,9/36 (27; 41)
Угол Cobb	16,5/15 (11; 20)

Преобладание болевых ощущений в спине над болью в ноге/ногах отмечено у 28 (55%) пациентов этой группы (боль в спине — 7,2/7 (6; 8,5), боль в ноге — 5,2/5 (4; 7,5) баллов). При клинко-неврологическом обследовании синдром радикулопатии выявлен у 17 (33%) пациентов. Радикулярный болевой синдром был обусловлен компрессией нервного корешка в foraminalном отверстии на вогнутой стороне деформации, что подтвердилось данными МРТ. У всех этих пациентов был определен foraminalный стеноз позвоночного канала 2-й степени по S. Lee с соавторами.

В 29% случаев (15 пациентов) выявлено сочетание foraminalного и центрального стенозов ПК. Синдром компрессии нервного корешка в межпозвонковом отверстии проявлялся болью в ноге (5,9/6 (4; 8) баллов), также у всех этих пациентов отмечены проявления нейрогенной перемежающейся хромоты со средней дистанцией ходьбы 107 м (от 20 до 200 м). По классификации С. Schizas стеноз соответствовал типу В у 4 больных, типу С — у 11. В 22% случаев (11 пациентов) вследствие формирования центрального стеноза компрессия корешков конского хвоста проявлялась синдромом нейрогенной перемежающейся хромоты со средней дистанцией ходьбы 93 м (от 10 до 300 м). По классификации С. Schizas стеноз соответствовал типу С у 8 больных, типу В — у 3. У 8 больных единственной причиной ухудшения качества жизни и снижения степени функциональной адаптации был болевой вертебральный синдром с интенсивностью боли в ногах по ВАШ не более 2 баллов.

Схематическое распределение пациентов группы 3 в зависимости от локализации компрессии и его основного морфологического субстрата представлено на рисунке 6.

В соответствии с выделенными доминирующими синдромами пациентам были выполнены 1013

первичных оперативных вмешательств с применением различных минимально инвазивных технологий, в т.ч. изолированные микрохирургические декомпрессии — 624, декомпрессивно-стабилизирующие операции — 338, многоуровневая фиксация с коррекцией деформаций — 51 (рис. 7).



Рис. 6. Распределение пациентов группы 3 в соответствии с локализацией и ведущим морфологическим субстратом компрессии

Fig. 6. Distribution of patients in group 3 according to localization and leading morphological substrate of compression

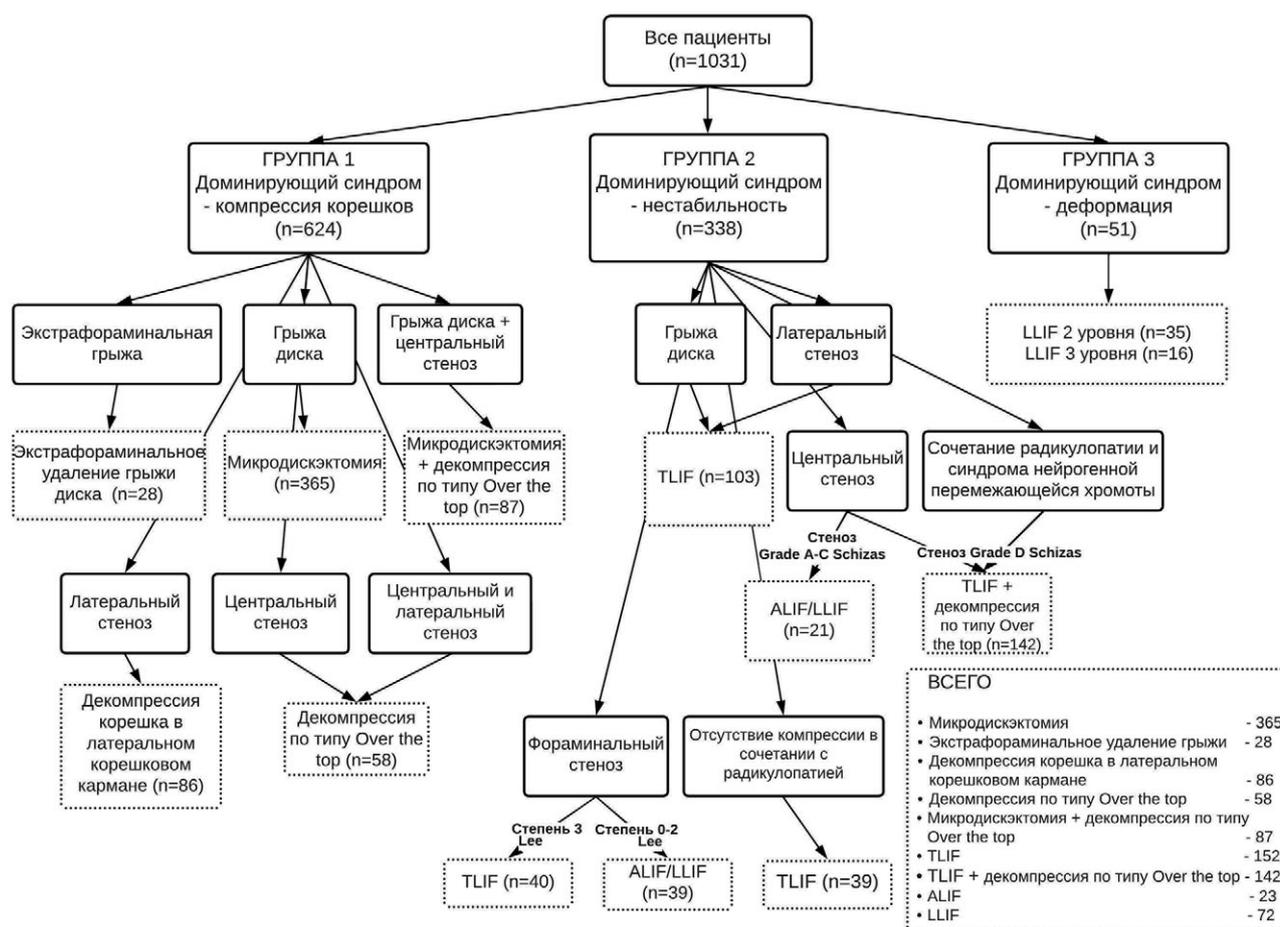


Рис. 7. Распределение пациентов по видам проведенных оперативных вмешательств в зависимости от выделенного доминирующего синдрома

Fig. 7. Distribution of patients by types of surgical interventions performed depending on the identified dominant syndrome

## ОБСУЖДЕНИЕ

Пациенты пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией ПОП представляют крайне разнородную группу [20]. Это обусловлено разнообразием клинических проявлений дегенеративной патологии: различная локализация клинически значимых стенотических поражений (грыжа МПД, центральный стеноз ПК, стеноз латеральных отделов ПК, компрессия корешка на уровне межпозвоночного отверстия, сочетания этих состояний), наличие или отсутствие сопутствующего спондилолистеза, нестабильность ПДС, нередко встречающиеся сколиотические деформации, дегенеративные изменения фасеточных суставов. Для них характерно сочетание различных клинических синдромов, таких как радикулопатия, нейрогенная хромота, болевой вертебральный синдром, нарушения сагиттального баланса тела разной степени выраженности. Также типичным для пожилых больных является многоуровневый характер дегенеративных изменений ПОП. Ключевой особенностью этих пациентов считается высокая коморбидность с наличием сахарного диабета, ожирения и остеопороза. Негативное влияние ожирения на результаты хирургического лечения отмечено во многих публикациях [3, 21, 22, 23].

В нашем исследовании установлено, что подавляющее большинство пациентов старшей возрастной группы с дегенеративными заболеваниями ПОП, нуждающихся в хирургическом лечении, имели ожирение (57,5%) и сопутствующую соматическую патологию (98,7%), а избыточная масса тела у них (ИМТ  $\geq 30$ ) является фактором риска развития синдрома клинической нестабильности ПДС и формирования дегенеративной деформации. В 97% случаев причиной нарушения жизнедеятельности и снижения качества жизни у пациентов старшей возрастной группы была стойкая неврологическая симптоматика, обусловленная сдавлением нервных корешков в различных отделах ПК.

Исследования, направленные на изучение корреляции между клиническими проявлениями стеноза ПК и данными лучевых методов исследования, дают весьма противоречивые результаты: одни авторы находят между ними статистически значимую связь, но большинство специалистов не находят [6, 24, 25]. Это диктует необходимость синдромального подхода к комплексной оценке пациентов старшей возрастной группы с дегенеративной патологией с целью выделения доминирующего клинического и рентгенологического синдрома, требующего хирургической коррекции. Использование предложенного нами алгоритма показало, что в 62% случаев доминирующим клиническим и рентгенологическим синдромом у этих больных является изолированная компрессия нервных кореш-

ков в различных отделах ПК, несмотря на наличие у 12,8% из них дегенеративного спондилолистеза и у 3,4% — сколиоза. О превалировании болевого синдрома в ногах (ВАШ  $>5$  баллов) над болью в спине у пациентов старшего возраста, которым необходимо проводить локальные изолированные декомпрессии по технологии MIS, указывается и в исследовании L. Paravero с соавторами [26]. Современные публикации показывают, что выполнение микрохирургических декомпрессий обеспечивает получение отличных результатов у этой категории пациентов [27, 28, 29]. Опубликованные в последние годы клинические рекомендации указывают, что методом выбора хирургического лечения у пациента с симптомным стенозом ПК без сопутствующей нестабильности является декомпрессивное вмешательство (уровень доказательности «С») [30]. Еще более высокий уровень доказательности («В») показывают исследования по эгидой North American Spine Society (NASS), в которых указывается, что пациентам с превалированием клинических симптомов в ногах без нестабильности целесообразно выполнять изолированную декомпрессию [31].

Из 1013 пациентов, включенных в исследование, доминирующим синдромом мы определили синдром компрессии у 624, из которых в 63% случаев основным компримирующим нервный корешок морфологическим субстратом была грыжа МПД. Этим 393 больным с целью декомпрессии мы выполнили микрохирургическую дискэктомию с применением MIS-технологий, из них у 28 операция была проведена через паравертебральный доступ по Wiltse [32]. Таким образом, выделение доминирующего клинического и рентгенологического синдрома компрессии в соответствии с предложенным алгоритмом обеспечило возможность минимизировать объем операции и снизить риски периоперационных осложнений, что имеет важное значение для пациентов старшей возрастной группы.

Доминирующий клиничко-рентгенологический синдром нестабильности был определен у 33% больных. При этом у 317 из них (93,8%) нестабильность сочеталась с симптомами компрессии корешков конского хвоста. Следовательно, этим пациентам для получения хорошего клинического эффекта от операции проведение декомпрессии целесообразно было дополнять межтеловым спондилодезом с ТПФ. Для диагностики нестабильности по функциональным рентгенограммам было предложено большое количество различных критериев оценки. Несмотря на все усилия, принятые в последние десятилетия, нет единого рентгенологического золотого стандарта диагностики нестабильности ПДС [33, 34]. Поэтому,

на наш взгляд, в рутинной практике для диагностики и определения тактики лечения пациентов с дегенеративной патологией ПОП целесообразно использовать понятие клинической нестабильности, для идентификации которой существуют четко определенные критерии [17].

Подходы к хирургическому лечению пациентов старшей возрастной группы с сочетанием клинически значимого стеноза ПК и дегенеративной деформации значительно отличаются: от минимально инвазивных способов изолированных локальных декомпрессий до многоуровневой коррекции деформации [24, 35]. При этом основополагающими принципами хирургического лечения этой патологии у лиц пожилого и старческого возраста ряд авторов считают коррекцию нестабильности ПДС и/или сагиттального и фронтального (угол Cobb > 20°) дисбаланса [36, 37, 38]. Современные MIS-техники (MI-TLIF, LLIF, OLIF) показали свою эффективность с точки зрения снижения травматичности хирургических процедур, а также частоты повторных вмешательств [39, 40]. Пожилые пациенты, перенесшие операцию MI-TLIF, имеют не только сопоставимую частоту периоперационных осложнений в сравнении с более молодыми больными, но и получают клинически значимое уменьшение боли, улучшение функции и качества жизни [41].

В нашем исследовании определено, что ИВ является чувствительным маркером сагиттального дисбаланса у этой категории пациентов. Его применение в структуре алгоритма выделения доминирующего синдрома деформации обеспечило возможность выявления больных, у которых именно дисбаланс был основной причиной снижения качества жизни, несмотря на наличие клинических проявлений стеноза ПК. В соответствии с ИВ все пациенты, у которых мы определили доминирующий синдром деформации, имели высокий PI и выраженные нарушения сагиттального баланса в виде дефицита глобального поясничного лордоза и лордоза L4-S1, что требовало проведения таргетной коррекции.

Проведенный нами анализ осложнений у этой категории пациентов в соответствии с критериями Dindo-Clavien [42] показал, что частота осложнений статистически значимо зависит от таких факторов, как ожирение, коморбидность, объем и сложность самой операции, которые являются наиболее значимыми. Использование MIS-опций для лечения пациентов пожилого возраста снижает количество тяжелых хирургических и соматических осложнений [43].

Для улучшения результатов операций на позвоночнике у гериатрических пациентов M. Zileli и E. Dursun рекомендуют соблюдение следующих

принципов: тщательная оценка сопутствующей соматической патологии, лечение этих заболеваний на этапе предоперационной подготовки, диагностика и комплексное лечение остеопороза, прецизионное предоперационное планирование с целью минимизации хирургической агрессии и использование минимально инвазивных операций [44].

Несмотря на ряд опубликованных исследований, имеющих высокий уровень доказательности, остаются спорными вопросы определения показаний к оперативному лечению у пациентов с различными видами стеноза ПК и выбора хирургической опции, поскольку диагностика и лечение этих больных требуют комплексного подхода к принятию решения, особенно у пациентов пожилого и старческого возраста, и диктует необходимость учета многих факторов для определения оптимального метода с целью получения оптимального клинического эффекта для каждого пациента.

### Ограничения исследования

Определенные ограничения в интерпретации результатов обусловлены ретроспективным и моноцентровым характером набора материала. Поэтому необходимо проведение дальнейших проспективных рандомизированных мультицентровых исследований в этом направлении для улучшения отдаленных исходов хирургического лечения снижения количества осложнений у пациентов старшей возрастной группы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синдромальная оценка клинических, неврологических и рентгенологических проявлений дегенеративной патологией ПОП у пациентов обеспечивает возможность выделения доминирующего синдрома, требующего хирургического лечения, и дифференцированного подхода к выбору оптимальной для каждого конкретного пациента опцией. Доминирующим синдромом в 62% случаев, у пациентов старшей возрастной группы с дегенеративной патологией ПОП, нуждающихся в хирургическом лечении, являлся синдром компрессии, что потребовало проведения различных изолированных декомпрессий с применением малоинвазивных опций. У 33% больных доминирующим синдромом, требующим хирургической коррекции, являлся синдром клинической нестабильности, предопределивший необходимость выполнения различных декомпрессивно-стабилизирующих операций. Только в 5% случаев основной целью хирургического лечения являлась коррекция дегенеративной сколиотической деформации с восстановлением показателей сагиттального баланса.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ****Заявленный вклад авторов**

*Климов В.С.* — разработка концепции исследования, сбор и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи.

*Халепа Р.В.* — сбор и интерпретация данных, редактирование текста статьи.

*Амелина Е.В.* — анализ данных, редактирование текста статьи.

*Евсюков А.В.* — сбор и интерпретация данных.

*Кривошапкин А.Л.* — редактирование текста статьи.

*Рябых С.О.* — разработка концепции и дизайна исследования, написание и редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

**ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]**

1. Buser Z., Ortega B., D'Oro A., Pannell W., Cohen J.R., Wang J. et al. Spine Degenerative Conditions and Their Treatments: National Trends in the United States of America. *Glob Spine J.* 2018;8(1):57-67. doi: 10.1177/2192568217696688.
2. Smith E., Hoy D., Cross M., Merriman T.R., Vos T., Buchbinder R. et al. The global burden of gout: Estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014;73(8):1470-1476. doi: 10.1136/annrheumdis-2013-204647.
3. Saleh A., Thirukumaran C., Mesfin A., Molinari R.W. Complications and readmission after lumbar spine surgery in elderly patients: an analysis of 2,320 patients. *Spine J.* 2017;17(8):1106-1112. doi: 10.1016/j.spinee.2017.03.019.
4. Deyo R.A., Hickam D., Duckart J.P., Piedra M. Complications After Surgery for Lumbar Stenosis in a Veteran Population. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(19):1695-1702. doi: 10.1097/BRS.0b013e31829f65c1
5. Adogwa O., Carr R.K., Kudyba K., Karikari I., Bagley C., Gokaslan Z.L. et al. Revision lumbar surgery in elderly patients with symptomatic pseudarthrosis, adjacent-segment disease, or same-level recurrent stenosis. Part 1. Two-year outcomes and clinical efficacy. *J Neurosurg Spine.* 2013;18(2):139-146. doi: 10.3171/2012.11.SPINE12224.
6. Weber C., Giannadakis C., Rao V., Jakola A.S., Nerland U., Nygaard Ø.P. et al. Is there an association between radiological severity of lumbar spinal stenosis and disability, pain, or surgical outcome? A multicenter observational study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(2):E78-83. doi: 10.1097/BRS.0000000000001166.

**DISCLAIMERS****Author contribution**

*Klimov V.S.* — study concept and design, data collection and processing, writing and drafting the article.

*Khalepa R.V.* — data collection and processing, drafting the article.

*Amelina E.V.* — data collection and processing, drafting the article.

*Evsukov A.V.* — data collection and processing.

*Krivoshapkin A.L.* — drafting the article.

*Ryabykh S.O.* — study concept and design, writing and drafting the article

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

7. Nayak N.R., Stephen J.H., Piazza M.A., Obayemi A.A., Stein S.C., Malhotra N.R. Quality of Life in Patients Undergoing Spine Surgery: Systematic Review and Meta-Analysis. *Glob Spine J.* 2019;9(1):67-76. doi: 10.1177/2192568217701104.
8. Schroeder G.D., Kurd M.F., Vaccaro A.R. Lumbar spinal stenosis: How is it classified? *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(12):843-852. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00034.
9. Meyerding H.W. Spondyloptosis. *Surg Gynecol Obstet.* 1932;54:371-377.
10. Черепанов Е.А. Русская версия опросника Освестри: культурная адаптация и валидность. *Хирургия позвоночника.* 2009;3:93-98.  
Cherepanov E.A. Russian version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation and validity. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2009;3:93-98.
11. Lee S., Lee J.W., Yeom J.S., Kim K.J., Kim H.J., Chung S.K. et al. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. *Am J Roentgenol.* 2010;194(4):1095-1098. doi: 10.2214/AJR.09.2772. PMID: 20308517.
12. Mamisch N., Brumann M., Hodler J., Held U., Brunner F., Steurer J. et al. Radiologic Criteria for the Diagnosis of Spinal Stenosis: Results of a Delphi Survey. *Radiology.* 2012;264(1):174-179. doi: 10.1148/radiol.12111930.
13. Steurer J., Roner S., Gnannt R., Hodler J. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011;12:175. doi: 10.1186/1471-2474-12-175.
14. Schizas C., Theumann N., Burn A., Tansey R., Wardlaw D., Smith F.W. et al. Qualitative Grading of Severity of Lumbar Spinal Stenosis Based on the Morphology of the Dural Sac on Magnetic Resonance Images. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(21):1919-1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd.

15. Barrey C., Roussouly P., Le Huec J.C., D'Acunzi G., Perrin G. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. *Eur Spine J.* 2013;22 Suppl 6(Suppl 6):S834-S841. doi: 10.1007/s00586-013-3030-z.
16. Barrey C., Jund J., Nosedà O., Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J.* 2007;16(9):1459-1467. doi: 10.1007/s00586-006-0294-6.
17. White A.A., Panjabi M.M. *Clinical Biomechanics of the Spine.* 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: J.B. Lippincott; 1990.
18. Schwab F., Ungar B., Blondel B., Buchowski J., Coe J., Deinlein D. et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(12):1077-1082. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2.
19. Климов В.С., Лопарев Е.А., Евсюков А.В., Рзаев Д.А., Амелина Е.В., Саатова Н.Э. и др. Сравнительный анализ результатов лечения пациентов различных возрастных групп с грыжами межпозвоночных дисков. *Хирургия позвоночника.* 2020;17(3):66-80. doi: 10.14531/ss2020.3.66-80.  
Klimov V.S., Loparev E.A., Evsyukov A.V., Rzaev D.A., Amelina E.V., Saatova N.E. et al. Comparative analysis of treatment results in patients with disc herniation of different age groups. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2020;17(3):66-80. doi: 10.14531/ss2020.3.66-80. (In Russian).
20. Яриков А.В., Шпагин М.В., Мереджи А.М., Перльмуттер О.А., Фраерман А.П. Спинальный поясничный стеноз (анализ литературы и собственные результаты). *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии.* 2021;8:594-613. doi: 10.33920/med-01-2108-03.  
Yarikov A.V., Shpagin M.V., Meredzhi A.M., Perlmutter O.A., Fraerman A.P. Spinal lumbar stenosis (analysis of the literature and own results). *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery.* 2021;8:594-613. (In Russian). doi: 10.33920/med-01-2108-03.
21. Castle-Kirsbaum M.D., Tee J.W., Chan P., Hunn M.K. Obesity in Neurosurgery: A Narrative Review of the Literature. *World Neurosurg.* 2017;106:790-805. doi: 10.1016/j.wneu.2017.06.049.
22. Климов В.С., Евсюков А.В., Халепа Р.В., Рябых С.О., Амелина Е.В., Маркин С.П. Анализ структуры ревизионных вмешательств у пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника. *Нейрохирургия.* 2021;23(1):47-61. doi: 10.17650/1683-3295-2021-23-1-47-61.  
Klimov V.S., Evsyukov A.V., Khalepa R.V., Ryabykh S.O., Amelina E.V., Markin S.P. Analysis of the structure of revision interventions in elderly and senile patients with degenerative pathology of the lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2021;23(1):47-61. (In Russian). doi: 10.17650/1683-3295-2021-23-1-47-61.
23. Chan A.K., Bisson E.F., Bydon M., Glassman S.D., Foley K.T., Potts E.A. et al. Obese Patients Benefit, but do not Fare as Well as Nonobese Patients, Following Lumbar Spendylolisthesis Surgery: An Analysis of the Quality Outcomes Database. *Neurosurgery.* 2020;86(1): 80-87. doi: 10.1093/neuros/nyy589.
24. Fujii K., Kawamura N., Ikegami M., Niitsuma G., Kunogi J. Radiological Improvements in Global Sagittal Alignment After Lumbar Decompression Without Fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015;40(10):703-709. doi: 10.1097/BRS.0000000000000708.
25. Katz J.N., Dalgas M., Stucki G., Katz N.P., Bayley J., Fossel A.H. et al. Degenerative lumbar spinal stenosis diagnostic value of the history and physical examination. *Arthritis Rheum.* 1995;38(9):1236-1241. doi: 10.1002/art.1780380910.
26. Papavero L., Schawjinski K., Ali N., Oehm J., Pietrek M., Schoeller K. Lumbar Spinal Stenosis: Ipsilateral Facet-sparing Unilateral Laminotomy for Bilateral Decompression: Technical Note and Preliminary Results. *J Minim Invasive Spine Surg Tech.* 2021;6(2):147-156. Available from: <http://www.jmisst.org/journal/view.php?doi=10.21182/jmisst.2021.00255>.
27. Austevoll I.M., Gjestad R., Brox J.I., Solberg T.K., Storheim K., Rekeland F. et al. The effectiveness of decompression alone compared with additional fusion for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis: a pragmatic comparative non-inferiority observational study from the Norwegian Registry for Spine Surgery. *Eur Spine J.* 2017;26(2):404-413. doi: 10.1007/s00586-016-4683-1.
28. Försth P., Michaëlsson K., Sandén B. Does fusion improve the outcome after decompressive surgery for lumbar spinal stenosis? *Bone Joint J.* 2013;95-B(7):960-965. doi: 10.1302/0301-620X.95B7.30776.
29. Park J.H., Hyun S.J., Roh S.W., Rhim S.C. A comparison of unilateral laminectomy with bilateral decompression and fusion surgery in the treatment of grade I lumbar degenerative spondylolisthesis. *Acta Neurochir (Wien).* 2012;154(7):1205-1212. doi: 10.1007/s00701-012-1394-1.
30. Дегенеративные заболевания позвоночника: клинические рекомендации [дата обращения 29.08.2023]. Режим доступа: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/727\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/727_1).  
Degenerative diseases of the spine: clinical guideline [date of access: 29.08.2023]. Available from: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/727\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/727_1)
31. Kreiner D.S., Shaffer W.O., Baisden J.L., Gilbert T.J., Summers J.T., Toton J.F. et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update). *Spine J.* 2013;13(7):734-743. doi: 10.1016/j.spinee.2012.11.059.
32. Wiltse L., Spencer C. New uses and refinements of the paraspinous approach to the lumbar spine. *Spine* 1988;13:696-706.
33. Izzo R., Guarnieri G., Guglielmi G., Muto M. Biomechanics of the spine. Part II: Spinal instability. *Eur J Radiol.* 2013;82(1):127-138. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.07.023.
34. Крутько А.В., Байков Е.С., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г. Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы. *Хирургия позвоночника.* 2017;14(3):74-83. doi: 10.14531/ss2017.3.74-83.  
Krutko A.V., Baikov E.S., Kononov N.A., Nazarenko A.G. Segmental spinal instability: unsolved problems. *Khirurgiya Pozvonochnika.* 2017;14(3):74-83. (In Russian). doi: 10.14531/ss2017.3.74-83.
35. Lee B.H., Yang J.-H., Kim H.-S., Suk K.-S., Lee H.-M., Park J.-O. et al. Effect of Sagittal Balance on Risk of Falling after Lateral Lumbar Interbody Fusion Surgery Combined with Posterior Surgery. *Yonsei Med J.* 2017;58(6):1177-1185. doi: 10.3349/ymj.2017.58.6.1177.
36. Михайлов В.А., Пташников Д.А., Масевин С.В., Смекаленков О.А., Заборовский Н.С., Лапаева О.А. и др. Результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративными деформациями и нестабильностью позвоночника. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(2):15-26. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-15-26.

- Mikhaylov V.A., Ptashnikov D.A., Masevnin S.V., Smekalenkov O.A., Zaborovski N.S., Lapaeva O.A. et al. Treatment outcomes in elderly and senile patients with degenerative deformations and instability of the spinal column. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;23(2):15-26. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-15-26. (In Russian).
37. Lafage R., Schwab F., Challier V., Henry J.K., Gum J., Smith J. et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(1):62-68. doi: 10.1097/BRS.0000000000001171.
38. Glassman S.D., Coseo M.P., Carreon L.Y. Sagittal balance is more than just alignment: Why PJK remains an unresolved problem. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016;11:1. doi: 10.1186/s13013-016-0064-0.
39. Inui T., Murakami M., Nagao N., Miyazaki K., Matsuda K., Tominaga Y. et al. Lumbar degenerative spondylolisthesis: changes in surgical indications and comparison of instrumented fusion with two surgical decompression procedures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(1):E15-E24. doi: 10.1097/BRS.0000000000001688.
40. Wu A.-M., Chen C.-H., Shen Z.-H., Feng Z.-H., Weng W.-Q., Li S.-M. et al. The Outcomes of Minimally Invasive versus Open Posterior Approach Spinal Fusion in Treatment of Lumbar Spondylolisthesis: The Current Evidence from Prospective Comparative Studies. *Biomed Res Int*. 2017;2017:8423638. doi: 10.1155/2017/8423638.
41. Goh G.S.-H., Tay Y.W.A., Liow M.H.L., Gatot C., Ling Z.M., Fong P.L. et al. Elderly Patients Undergoing Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion May Have Similar Clinical Outcomes, Perioperative Complications, and Fusion Rates As Their Younger Counterparts. *Clin Orthop Relat Res*. 2020;478(4):822-832. doi: 10.1097/CORR.0000000000001054.
42. Dindo D., Demartines N., Clavien P.A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004;240:205-213.
43. Klimov V., Evsyukov A., Amelina E., Ryabykh S., Simonovich A. Predictors of Complications and Unfavorable Outcomes of Minimally Invasive Surgery Treatment in Elderly Patients With Degenerative Lumbar Spine Pathologies (Case Series). *Front Surg*. 2022;9:869345. doi: 10.3389/fsurg.2022.869345.
44. Zileli M., Dursun E. How to Improve Outcomes of Spine Surgery in Geriatric Patients. *World Neurosurg*. 2020;140:519-526. doi: 10.1016/j.wneu.2020.04.060.

#### Сведения об авторах

✉ Амелина Евгения Валерьевна — канд. физ.-мат. наук  
Адрес: Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1  
<https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>  
e-mail: amelina.evgenia@gmail.com

Климов Владимир Сергеевич — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-9096-7594>  
e-mail: vsklimov72@gmail.com

Халепа Роман Владимирович  
<https://orcid.org/0000-0003-0046-6612>  
e-mail: romkha@mail.ru

Евсюков Алексей Владимирович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-8583-0270>  
e-mail: alexevsukov@mail.ru

Кривошапкин Алексей Леонидович — д-р мед. наук, профессор, член-кор. РАН  
<https://orcid.org/0000-0003-0789-8039>  
e-mail: alkr01@yandex.ru

Рябых Сергей Олегович — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>  
e-mail: rso\_mail.ru

#### Authors' information

✉ Evgeniya V. Amelina — Cand. Sci. (Phys.-Math.)  
Address: 1, Pirogova st., Novosibirsk, 630090, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>  
e-mail: amelina.evgenia@gmail.com

Vladimir S. Klimov — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-9096-7594>  
e-mail: vsklimov72@gmail.com

Roman V. Khalepa  
<https://orcid.org/0000-0003-0046-6612>  
e-mail: romkha@mail.ru

Alexei V. Evsukov — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-8583-0270>  
e-mail: alexevsukov@mail.ru

Alexei L. Krivoshapkin — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-0789-8039>  
e-mail: alkr01@yandex.ru

Sergei O. Ryabykh — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>  
e-mail: rso\_mail.ru



Научная статья  
УДК 616.728.38-089.844-06:616.718.5  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-7986>

## Влияние заднего наклона большеберцовой кости на риск рецидива после реконструкции передней крестообразной связки

М.С. Рязанцев<sup>1</sup>, А.Н. Логвинов<sup>1</sup>, Д.О. Ильин<sup>1,2</sup>, Н.Е. Магнитская<sup>1</sup>, А.Р. Зарипов<sup>1,2</sup>,  
А.В. Фролов<sup>1,2</sup>, А.П. Афанасьев<sup>1</sup>, А.В. Королев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Разрыв аутотрансплантата передней крестообразной связки (ПКС) имеет многофакторную природу, причем травматический фактор превалирует над остальными причинами. В литературе имеются противоречивые данные относительно влияния заднего наклона большеберцовой кости на риск травматического разрыва трансплантата ПКС.

**Цель исследования** — определить, существует ли связь между задним наклоном большеберцовой кости и повреждением трансплантата передней крестообразной связки у пациентов, которым уже была проведена реконструкция передней крестообразной связки.

**Материал и методы.** В моноцентровое когортное ретроспективное исследование вошли пациенты, у которых был диагностирован полный разрыв ПКС и выполнена ее реконструкция по стандартной методике без разрыва аутотрансплантата на момент последнего осмотра. Критерии включения в первую группу: диагностированный травматический разрыв ПКС с последующей реконструкцией; трансплантат из сложенных пополам полусухожильной и нежной мышц (St+Gr); бедренная фиксация кортикальной пуговицей, большеберцовая фиксация — гильза + винт; отсутствие разрыва трансплантата ПКС на момент проведения исследования. В эту группу были отобраны 30 последовательных пациентов (15 мужчин и 15 женщин), средний возраст 36,3 (min 17, max 59) лет. Критерии включения во вторую группу: непрямой травматический механизм разрыва аутотрансплантата ПКС, выполненная ревизионная пластика ПКС. В эту группу вошли 33 пациента (23 мужчины и 10 женщин), средний возраст 33,0 (min 19, max 60) года. У всех пациентов измеряли латеральный (LPTS) и медиальный (MPTS) задний наклон большеберцовой кости на рентгенограммах в боковой проекции.

**Результаты.** Медиана времени, прошедшего с момента операции до последнего контрольного осмотра, в первой группе составила 65 мес. (IQR 60; 66); во второй — 48 мес. (IQR 9;84). Медиана MPTS в первой группе составила 7,8° (IQR 5,3;9,4); во второй — 8,5° (IQR 7,5;11). Медиана LPTS в первой группе — 9,9° (IQR 8,4;12,1); во второй — 12,0° (IQR 9;15,4). Не было выявлено статистически значимой разницы между MPTS и LPTS в зависимости от пола в обеих группах и всей выборке в целом ( $p>0,05$ ). При сравнении значений LPTS в обеих группах получена статистически значимая разница ( $p = 0,04$ ) с большим значением LPTS у пациентов второй группы (с повреждением трансплантата ПКС).

**Заключение.** Одним из возможных предикторов разрыва аутотрансплантата ПКС является увеличенный задний наклон большеберцовой кости. Выявлено влияние латерального заднего наклона большеберцовой кости (LPTS) на риск разрыва аутотрансплантата ПКС ( $p<0,05$ ) при непрямом механизме травмы.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка, ревизионная пластика ПКС, задний наклон большеберцовой кости, разрыв трансплантата ПКС.

**Для цитирования:** Рязанцев М.С., Логвинов А.Н., Ильин Д.О., Магнитская Н.Е., Зарипов А.Р., Фролов А.В., Афанасьев А.П., Королев А.В. Влияние заднего наклона большеберцовой кости на риск рецидива после реконструкции передней крестообразной связки. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):46-52. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7986>.

*Рязанцев Михаил Сергеевич*; e-mail: ryaz.doc@yandex.ru

Рукопись получена: 07.03.2023. Рукопись одобрена: 01.09.2023. Статья опубликована онлайн: 07.09.2023.

© Рязанцев М.С., Логвинов А.Н., Ильин Д.О., Магнитская Н.Е., Зарипов А.Р., Фролов А.В., Афанасьев А.П., Королев А.В., 2023

## Influence of Posterior Tibial Slope on the Risk of Recurrence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Mikhail S. Ryazantsev<sup>1</sup>, Aleksei N. Logvinov<sup>1</sup>, Dmitrii O. Il'in<sup>1,2</sup>, Nina E. Magnitskaya<sup>1</sup>, Aziz R. Zaripov<sup>1,2</sup>, Aleksandr V. Frolov<sup>1,2</sup>, Aleksey P. Afanasyev<sup>1</sup>, Andrey V. Korolev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics (ECSTO), Moscow, Russia

<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** Anterior cruciate ligament (ACL) graft rupture has multifactorial causes, with traumatic factors being the most prevalent. Modern literature presents conflicting data regarding the influence of the posterior tibial slope on the risk of traumatic ACL graft rupture.

**Aim of the study** – to determine if there is a correlation between the posterior tibial slope and ACL graft injury in patients who have previously undergone ACL reconstruction.

**Methods.** This was a single-center cohort retrospective study that included patients diagnosed with a complete ACL rupture and who had undergone ACL reconstruction using standard techniques without graft rupture at the last follow-up. Inclusion criteria for the first group included a diagnosis of traumatic ACL rupture followed by reconstruction, a graft composed of semitendinosus and gracilis tendons (St+Gr), femoral fixation with a cortical button, tibial fixation with a sleeve and screw, and the absence of graft rupture at the time of the study. This group included 30 consecutive patients (15 males and 15 females) with a mean age of 36.3 years (min 17, max 59). Inclusion criteria for the second group included an indirect traumatic mechanism of ACL graft rupture and subsequent revision ACL reconstruction. This group consisted of 33 patients (23 males and 10 females) with a mean age of 33.0 years (min 19, max 60). The lateral (LPTS) and medial (MPTS) posterior tibial slopes were measured on lateral knee radiographs.

**Results.** The median time from surgery to the last follow-up in the first group was 65 months (IQR 60; 66), while in the second group, it was 48 months (IQR 9; 84). The median MPTS in the first group was 7.8° (IQR 5.3; 9.4), while in the second group, it was 8.5° (IQR 7.5; 11). The median LPTS in the first group was 9.9° (IQR 8.4; 12.1), whereas in the second group, it was 12.0° (IQR 9; 15.4). There was no statistically significant difference in MPTS and LPTS based on gender in both groups and the entire sample ( $p > 0.05$ ). When comparing LPTS values between both groups, a statistically significant difference ( $p = 0.04$ ) was found, with higher LPTS values in patients in the second group (with ACL graft injury).

**Conclusion.** Increased posterior tibial slope, particularly LPTS, is identified as a potential predictor of ACL graft rupture. The study demonstrates the impact of LPTS on the risk of ACL graft rupture ( $p < 0.05$ ) in cases of indirect traumatic injury.

**Keywords:** revision ACL reconstruction, anterior cruciate ligament, posterior tibial slope, ACL graft rupture.

**Cite as:** Ryazantsev M.S., Logvinov A.N., Il'in D.O., Magnitskaya N.E., Zaripov A.R., Frolov A.V., Afanasyev A.P., Korolev A.V. Influence of Posterior Tibial Slope on the Risk of Recurrence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):46-52. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7986>.

✉ Mikhail S. Ryazantsev; e-mail: ryaz.doc@yandex.ru

Submitted: 07.03.2023. Accepted: 01.09.2023. Published online: 07.09.2023.

© Ryazantsev M.S., Logvinov A.N., Il'in D.O., Magnitskaya N.E., Zaripov A.R., Frolov A.V., Afanasyev A.P., Korolev A.V., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Число выполненных операций по восстановлению передней крестообразной связки (ПКС) ежегодно увеличивается [1, 2], что приводит к росту ревизионных реконструкций [3, 4]. По данным литературы, частота выполнения ревизионной пластики ПКС через 5–7 лет составляет 3,2–3,6%, причем предрасполагающим фактором является молодой возраст [3, 5].

Повторная травма является одной из основных причин разрыва аутотрансплантата. По данным R. Magnussen с соавторами, доля травматических разрывов аутотрансплантата составляет от 46 до 56% [6].

Имеются данные, что увеличенный задний наклон большеберцовой кости (posterior tibial slope – PTS) может быть предрасполагающим фактором разрыва аутотрансплантата ПКС в раннем послеоперационном периоде, особенно у женщин [8], разрыва ПКС с контралатеральной стороны [7], разрыва медиального мениска (при значениях PTS >13°) в нестабильном коленном суставе [7, 8, 9]. Увеличенный PTS влияет на ротационную стабильность у пациентов с разрывом ПКС, а также приводит к большей трансляции голени после реконструкции связки [10, 11]. Уменьшение PTS значительно снижает нагрузку на трансплантат ПКС при осевой нагрузке за счет уменьшения переднезаднего смещения голени [12, 13].

*Цель исследования* — определить, существует ли связь между задним наклоном большеберцовой кости и разрывом трансплантата передней крестообразной связки у пациентов, которым уже была проведена реконструкция передней крестообразной связки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования — моноцентровое когортное ретроспективное.

В исследование вошли пациенты, у которых был диагностирован полный разрыв ПКС и выполнена ее реконструкция в Европейской клинике спортивной травматологии и ортопедии (ЕССТО) по стандартной методике без разрыва аутотрансплантата на момент последнего осмотра.

Критерии включения в первую группу: диагностированный травматический разрыв ПКС с последующей реконструкцией в клинике; трансплантат из сложенных пополам полусухожильной и нежной мышц (St+Gr); бедренная фиксация — кортикальной пуговицей, большеберцовая —

гильза + винт; отсутствие разрыва трансплантата ПКС на момент проведения исследования. Критерии исключения из группы: использование другого графта, другая методика фиксации аутотрансплантата.

Критерии включения во вторую группу: не прямой травматический механизм разрыва аутотрансплантата ПКС, выполненная ревизионная пластика ПКС. Критерии исключения: другие причины появления нестабильности после пластики ПКС, отсутствие ревизионной пластики ПКС.

Непрямым механизмом травмы считали вращение, гиперэкстензию, вальгусную/варусную и комбинации этих одноплоскостных сил при отсутствии физического воздействия и приложения внешней силы непосредственно к коленному суставу.

После применения критериев включения и исключения в первую группу были отобраны 30 последовательных пациентов (15 мужчин и 15 женщин), во вторую группу — 33 пациента (23 мужчины и 10 женщин).

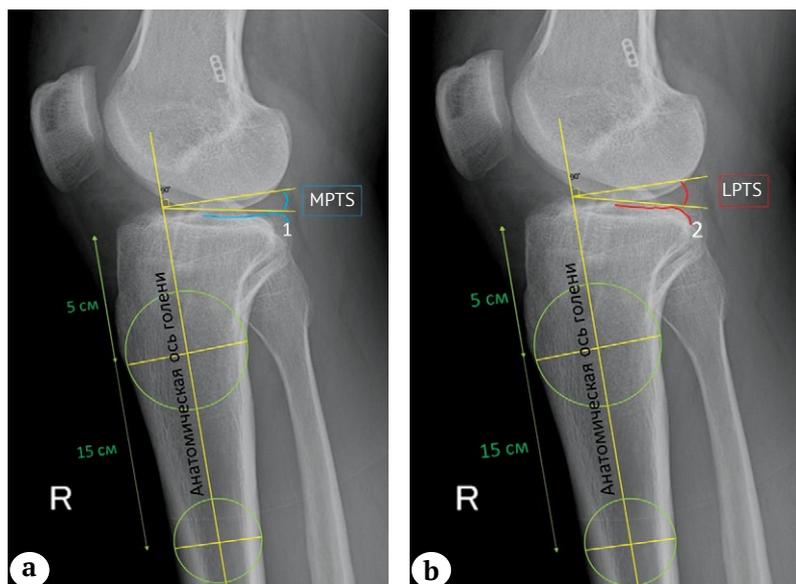
У всех пациентов измеряли латеральный (LPTS) и медиальный (MPTS) задний наклон большеберцовой кости на рентгенограммах в боковой проекции.

### Техника измерения MPTS и LPTS на рентгенограммах

Измерения проводились в программе Radiant DICOM Viewer, v. 2021.2 (Medixant, Польша). Для снижения риска погрешности измерения проводились независимо двумя старшими врачами отделения с определением среднего показателя по всем измерениям.

Задний наклон большеберцовой кости определяли на рентгенограммах в боковой проекции относительно анатомической оси большеберцовой кости, которую определяли вписыванием двух окружностей на проксимальный отдел голени на 5 и 15 см дистальнее суставной поверхности и проведением линии, соединяющей их центры. Определяли поверхность медиального (синяя линия) и латерального (красная линия) мыщелка большеберцовой кости (рис. 1). Измеряли угол между касательной и центральной осями большеберцовой кости. MPTS и LPTS определяли по формуле:

90° – угол между большеберцовой анатомической осью и касательной, проведенной вдоль каждого плато.



**Рис. 1.** Определение медиального и латерального заднего наклона большеберцовой кости на рентгенограммах коленного сустава в боковой проекции: а – поверхность медиального мыщелка большеберцовой кости (синяя линия); б – поверхность латерального мыщелка большеберцовой кости (красная линия)

**Fig. 1.** Determination of the medial and lateral posterior tibial slope on lateral knee X-rays: а – medial tibial plateau surface (blue line); б – lateral tibial plateau surface (red line)

**Статистический анализ**

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программ IBM SPSS Statistics 21 (IBM corp.), STATISTICA 12.0 (Stat Soft, Inc).

Количественные данные представлены в виде диаграмм размаха. Нормальность распределения определяли по критерию Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении данных они представлены в виде средних значений с указанием минимального и максимального; при распределении данных, отличном от нормального, данные представлены в виде медианы (Me) с указанием

интерквартильного размаха (IQR). Для сравнения данных в двух независимых группах использовали U-критерий Манна – Уитни, для сравнения данных в нескольких независимых группах – критерий Краскела – Уоллиса. Критический уровень статистической значимости принимали  $p \leq 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

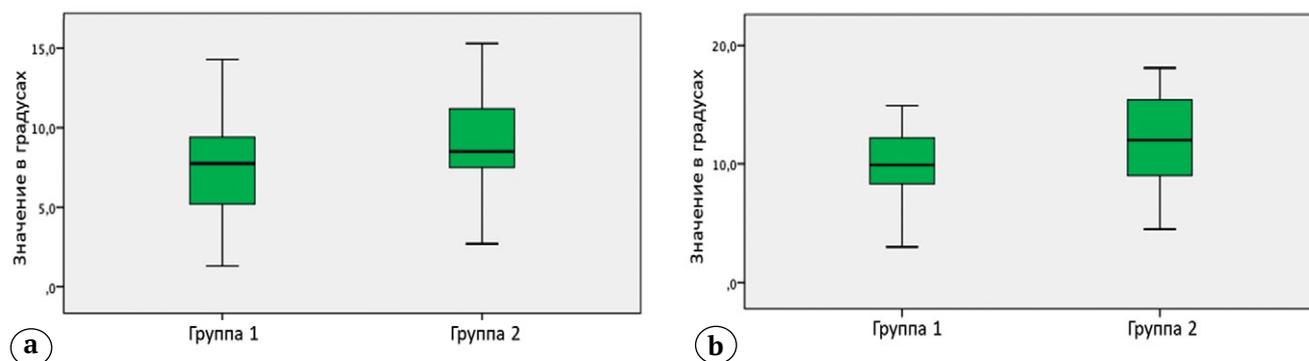
На момент операции группы были сопоставимы по всем показателям (таб. 1).

Показатели MPTS и LPTS для обеих групп пациентов представлены на рисунке 2.

Таблица 1

**Характеристика пациентов обеих групп**

Показатель	Первая группа	Вторая группа
Средний возраст, лет	36,3 (min 17, max 59)	33,0 (min 19, max 60)
Срок между операцией и осмотром, мес.	37,5 (IQR 62;66)	48,0 (IQR 9;84)
MPTS, °	7,8° (IQR 5,3;9,4)	8,5° (IQR 7,5;11,0)
LPTS, °	9,9° (IQR 8,4;12,1)	12,0° (IQR 9,0;15,4)



**Рис. 2.** Показатели заднего наклона большеберцовой кости у двух групп пациентов по данным рентгенограмм в боковой проекции: а – медиального; б – латерального

**Fig. 2.** Posterior tibial slope measurements in two groups of patients based on lateral knee X-rays: а – medial tibial slope; б – lateral tibial slope

При анализе данных мы не получили статистически значимой разницы между MPTS и LPTS в зависимости от пола в обеих группах и всей выборке в целом ( $p > 0,05$ ). При сравнении значений MPTS мы не получили статистически значимой разницы между группами ( $p = 0,2$ ). Однако при сравнении значений LPTS получена статистически значимая разница ( $p = 0,04$ ) с большим значением у пациентов второй группы (с повреждением трансплантата ПКС).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Реконструкция ПКС является воспроизводимой операцией с хорошими отдаленными результатами [2]. Однако разрыв трансплантата ведет к необходимости повторного оперативного вмешательства, повышает риск дополнительных внутрисуставных повреждений. Ревизионная операция технически сложнее для хирурга и имеет худшие результаты по сравнению с первичной пластикой ПКС [4, 14, 15]. Основной причиной разрыва трансплантатов является повторная травма, причем не прямой механизм травмы преобладает — 60% случаев [16].

Возможность влияния увеличенного PTS на разрыв ауто трансплантата ПКС активно обсуждается в литературе [7, 10, 12, 17, 18]. Есть мнение, что PTS увеличивает нагрузку на ПКС вследствие увеличения смещения передней трансляции голени [11]. Результаты исследования E. Nohmann с соавторами показали, что увеличение MPTS и LPTS повышает риск бесконтактного разрыва ауто трансплантата ПКС [17]. K.M. Wojcic с соавторами выявили влияние PTS на разрыв ауто трансплантата ПКС вне зависимости от ИМТ [19]. Исследование J. Web с соавторами показало, что риск разрыва трансплантата ПКС повышается при значении PTS больше  $12^\circ$  [18]. F. Blanke с соавторами, напротив, не увидели зависимости между PTS и разрывом ауто трансплантата при не прямом механизме травмы [20].

Существуют разные методики измерения PTS: по рентгенограммам, по КТ и МРТ [21]. Это осложняет сравнение полученных результатов между исследованиями.

Z. Ye с соавторами оценили PTS на МРТ, используя механическую (PTS механический) и анатомическую (PTS анатомический) оси голени и получили достоверную разницу значений у пациентов

с разрывом ауто трансплантата и без него: PTS-механический —  $10,7^\circ \pm 2,9^\circ$  vs  $8,7^\circ \pm 1,9^\circ$ , ( $p = 0,003$ ) и PTS анатомический —  $13,2^\circ \pm 2,8^\circ$  vs  $10,5^\circ \pm 2,5^\circ$  ( $p < 0,001$ ) [22].

В своей работе мы использовали методику измерения, предложенную R.J. Napier с соавторами и основанную на данных рентгенографии коленного сустава в боковой проекции [7]. Данный метод был выбран ввиду хорошей воспроизводимости, а также наличия рентгенограмм у пациентов с захватом более 15 см проксимального отдела голени.

A Rahneimai-Azar с соавторами показали, что увеличенный PTS латерального мыщелка бедренной кости является предиктором ротационной нестабильности у пациентов с разрывом ПКС [10]. В нашем исследовании при сравнении значений LPTS между группами получена статистически значимая разница ( $p = 0,04$ ) с большим значением у пациентов второй группы (с разрывом ауто трансплантата ПКС). Влияния MPTS на вероятность разрыва ауто трансплантата выявлено не было. Можно связать влияние LPTS на разрыв ауто трансплантата ПКС с большим переднезадним смещением латерального отдела, что создает дополнительный ротационный компонент, увеличивающий нагрузку на трансплантат ПКС.

## Ограничения исследования

В нашем исследовании имеются ограничения, которые связаны со сложностью при сравнении полученных данных с другими работами ввиду большого количества техник измерения заднего наклона большеберцовой кости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрыв трансплантата ПКС имеет многофакторную природу. Одним из возможных предикторов является увеличенный задний наклон большеберцовой кости. В нашем исследовании выявлено влияние латерального заднего наклона большеберцовой кости на риск разрыва ауто трансплантата ПКС ( $p < 0,05$ ) при не прямом механизме травмы.

Ввиду того, что в литературе имеются противоречивые данные о связи между повреждением трансплантата ПКС и задним наклоном большеберцовой кости, необходимо продолжить изучение данного вопроса с акцентом на большие выборки и стандартизированные методы измерения.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответствен-

ность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Abram S.G.F., Price A.J., Judge A., Beard D.J. Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and meniscal repair rates have both increased in the past 20 years in England: hospital statistics from 1997 to 2017. *Br J Sports Med.* 2020;54(5):286-291. doi: 10.1136/bjsports-2018-100195.
- Mall N.A., Chalmers P.N., Moric M., Tanaka M.J., Cole B.J., Bach B.R.Jr. et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2363-2370. doi: 10.1177/0363546514542796.
- Abram S.G.F., Judge A., Beard D.J., Price A.J. Rates of adverse outcomes and revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction: a study of 104,255 procedures using the National Hospital Episode Statistics Database for England, UK. *Am J Sports Med.* 2019;47(11):2533-2542. doi: 10.1177/0363546519861393.
- MARS Group. Meniscal and Articular Cartilage Predictors of Clinical Outcome After Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1671-1679. doi: 10.1177/0363546516644218.
- Pullen W.M., Bryant B., Gaskill T., Sicignano N., Evans A.M., DeMaio M. Predictors of Revision Surgery After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016 Dec;44(12):3140-3145. doi: 10.1177/0363546516660062.
- Magnussen R.A., Trojani C., Granan L.P., Neyret P., Colombet P., Engebretsen L. et al. Patient demographics and surgical characteristics in ACL revision: a comparison of French, Norwegian, and North American cohorts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2339-2348. doi: 10.1007/s00167-014-3060-z.
- Napier R.J., Garcia E., Devitt B.M., Feller J.A., Webster K.E. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated With Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(11):2325967119879373. doi: 10.1177/2325967119879373.
- Christensen J.J., Krych A.J., Engasser W.M., Vanhees M.K., Collins M.S., Dahm D.L. Lateral Tibial Posterior Slope Is Increased in Patients With Early Graft Failure After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015;43(10):2510-2514. doi: 10.1177/0363546515597664.
- Lee J.J., Choi Y.J., Shin K.Y., Choi C.H. Medial Meniscal Tears in Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knees: Effects of Posterior Tibial Slope on Medial Meniscal Tear. *Knee Surg Relat Res.* 2011;23(4):227-230. doi: 10.5792/ksrr.2011.23.4.227.
- Rahnemai-Azar A.A., Abebe E.S., Johnson P., Labrum J., Fu F.H., Irrgang J.J. et al. Increased lateral tibial slope predicts high-grade rotatory knee laxity pre-operatively in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(4):1170-1176. doi: 10.1007/s00167-016-4157-3.
- Li Y., Hong L., Feng H., Wang Q., Zhang J., Song G. et al. Posterior Tibial Slope Influences Static Anterior Tibial Translation in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Minimum 2-Year Follow-up Study. *Am J Sports Med.* 2014 Apr;42(4):927-933. doi: 10.1177/0363546514521770.
- Imhoff F.B., Mehl J., Comer B.J., Obopilwe E., Cote M.P., Feucht M.J. et al. Slope-reducing tibial osteotomy decreases ACL-graft forces and anterior tibial translation under axial load. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(10):3381-3389. doi: 10.1007/s00167-019-05360-2.
- Bernhardson A.S., Aman Z.S., Dornan G.J., Kemler B.R., Storaci H.W., Brady A.W. et al. Tibial Slope and Its Effect on Force in Anterior Cruciate Ligament Grafts: Anterior Cruciate Ligament Force Increases Linearly as Posterior Tibial Slope Increases. *Am J Sports Med.* 2019;47(2):296-302. doi: 10.1177/0363546518820302.
- Salmon L.J., Pinczewski L.A., Russell V.J., Refshauge K. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Hamstring Tendon Autograft: 5- to 9-Year Follow-up. *Am J Sports Med.* 2006;34(10):1604-1614. doi: 10.1177/0363546506288015.
- Сапрыкин А.С., Банцер С.А., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки. *Гений Ортопедии.* 2022;28(3):444-451. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451. Saprykin A.S., Bantser S.A., Rybinin M.V., Kornilov N.N. Current aspects of preoperative planning and selection of surgical techniques for revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedic Genius.* 2022;28(3):444-451. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451.
- Agel J., Rockwood T., Klossner D. Collegiate ACL Injury Rates Across 15 Sports: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System Data Update (2004-2005 Through 2012-2013). *Clin J Sport Med.* 2016;26(6):518-523. doi: 10.1097/JSM.0000000000000290.
- Hohmann E., Tetsworth K., Glatt V., Ngcelwane M., Keough N. Medial and Lateral Posterior Tibial Slope Are Independent Risk Factors for Noncontact ACL Injury in Both Men and Women. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(8):23259671211015940. doi: 10.1177/23259671211015940.

18. Webb J.M., Salmon L.J., Leclerc E., Pinczewski L.A., Roe J.P. Posterior Tibial Slope and Further Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Patient. *Am J Sports Med.* 2013;41(12):2800-2804. doi: 10.1177/0363546513503288.
19. Bojicic K.M., Beaulieu M.L., Imaizumi Krieger D.Y., Ashton-Miller J.A., Wojtys E.M. Association Between Lateral Posterior Tibial Slope, Body Mass Index, and ACL Injury Risk. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(2):232596711668866. doi: 10.1177/2325967116688664.
20. Blanke F., Kiarour A.M., Haenle M., Fischer J., Majewski M., Vogt S. et al. Risk of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries Is Not Associated With Slope and Concavity of the Tibial Plateau in Recreational Alpine Skiers: A Magnetic Resonance Imaging-Based Case-Control Study of 121 Patients. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1508-1514. doi: 10.1177/0363546516632332.
21. Wordeman S.C., Quatman C.E., Kaeding C.C., Hewett T.E. In Vivo Evidence for Tibial Plateau Slope as a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2012;40(7):1673-1681. doi: 10.1177/0363546512442307.
22. Ye Z., Xu J., Chen J., Qiao Y., Wu C., Xie G. et al. Steep lateral tibial slope measured on magnetic resonance imaging is the best radiological predictor of anterior cruciate ligament reconstruction failure. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(10):3377-3385. doi: 10.1007/s00167-022-06923-6.

#### Сведения об авторах

✉ **Рязанцев Михаил Сергеевич** — канд. мед. наук  
 Адрес: Россия, 129110, г. Москва, Орловский пер., д. 7  
<https://orcid.org/0000-0002-9333-5293>  
 e-mail: Ryaz.doc@yandex.ru

**Логвинов Алексей Николаевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/000-0003-3235-5407>  
 e-mail: logvinov09@gmail.com

**Ильин Дмитрий Олегович** — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-2493-4601>  
 e-mail: ilyinshoulder@gmail.com

**Магнитская Нина Евгеньевна** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-4336-036X>  
 e-mail: magnitskaya.nina@gmail.com

**Зарипов Азиз Римович**  
<https://orcid.org/0000-0003-1282-3285>  
 e-mail: azaripov@emcmos.ru

**Фролов Александр Владимирович** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2973-8303>  
 e-mail: frolov1980@gmail.com

**Афанасьев Алексей Павлович** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2933-5686>  
 e-mail: aafanasyev@emcmos.ru

**Королев Андрей Вадимович** — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-8769-9963>  
 e-mail: akorolev@emcmos.ru

#### Authors' information

✉ **Mikhail S. Ryazantsev** — Cand. Sci. (Med.)  
 Address: 7, Orlovsky lane, Moscow, 129110, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-9333-5293>  
 e-mail: Ryaz.doc@yandex.ru

**Aleksei N. Logvinov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/000-0003-3235-5407>  
 e-mail: logvinov09@gmail.com

**Dmitrii O. Il'in** — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-2493-4601>  
 e-mail: ilyinshoulder@gmail.com

**Nina E. Magnitskaya** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-4336-036X>  
 e-mail: magnitskaya.nina@gmail.com

**Aziz R. Zaripov**  
<https://orcid.org/0000-0003-1282-3285>  
 e-mail: azaripov@emcmos.ru

**Aleksandr V. Frolov** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2973-8303>  
 e-mail: frolov1980@gmail.com

**Aleksey P. Afanasyev** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2933-5686>  
 e-mail: aafanasyev@emcmos.ru

**Andrey V. Korolev** — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-8769-9963>  
 e-mail: akorolev@emcmos.ru

Редакционная статья  
УДК 616.728.38-089.844-06:616.718.5  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-15543>



## Редакционный комментарий к статье М.С. Рязанцева с соавторами «Влияние заднего наклона большеберцовой кости на риск рецидива после реконструкции передней крестообразной связки»

Н.Н. Корнилов

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

### Реферат

Неудачные исходы реконструкции передней крестообразной связки могут быть обусловлены не только повторной травмой, но и рядом других причин, среди которых все большее внимание уделяется не только техническим ошибкам и осложнениям, но и биологическим факторам, в частности особенностям морфологии коленного сустава, изучению которых и посвящена обсуждаемая статья. С практической точки зрения статистически значимые различия в сравниваемых параметрах следует трактовать только с учетом минимально клинически значимых величин, особенно если статистическая сила исследования недостаточна из-за малой выборки.

**Ключевые слова:** реконструкция передней крестообразной связки, задний наклон большеберцовой кости, морфология коленного сустава.

Editorial  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-15543>

## Editorial Comment on the Article by M.S. Ryazantsev et al. “Influence of Posterior Tibial Slope on the Risk of Recurrence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction”



Nikolai N. Kornilov

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

### Abstract

The failure of ACL reconstruction may occur not only due to repeated injury but also technical errors or biological reasons. The individual patterns of knee morphology addressed in the study of M.S. Ryasantsev et al., particularly tibial slope. Statistically significant difference does not necessarily mean that it leads to clinical impact on the patient. Therefore, all findings should be discussed from the point of minimal clinically relevant difference, especially if the study is underpowered.

**Keywords:** ACL reconstruction, tibial slope, knee morphology.

**Для цитирования:** Корнилов Н.Н. Редакционный комментарий к статье М.С. Рязанцева с соавторами «Влияние заднего наклона большеберцовой кости на риск рецидива после реконструкции передней крестообразной связки». *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):53-55. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15543>.

**Cite as:** Kornilov N.N. Editorial Comment on the Article by M.S. Ryazantsev et al. “Influence of Posterior Tibial Slope on the Risk of Recurrence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction”. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):53-55. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15543>.

Корнилов Николай Николаевич; e-mail: [drkornilov@hotmail.com](mailto:drkornilov@hotmail.com)

Nikolai N. Kornilov; e-mail: [drkornilov@hotmail.com](mailto:drkornilov@hotmail.com)

Рукопись получена: 08.09.2023. Статья опубликована: 15.09.2023.

Submitted: 08.09.2023. Published: 15.09.2023.

© Корнилов Н.Н., 2023  
© Kornilov N.N., 2023

Исследование М.С. Рязанцева с соавторами затрагивает важный аспект концептуального изменения подхода к хирургическому лечению пациентов с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава (ПКС) в современной травматологии и ортопедии. Так, общемировой тренд исследований, посвященных данной проблеме, в последние десятилетия смещается от обсуждения оптимальных технических условий хирургической реконструкции ПКС (выбор типа трансплантата, особенности позиционирования каналов, их количество и способ формирования, варианты фиксации и т.п.) к комплексной оценке индивидуальных анатомо-физиологических и функциональных особенностей пациента, способствующих ее повреждению, не умаляя значимости воздействия фактора травмы как основного [1].

Поводом для этого стал рост ревизий и реревизий после первичной пластики ПКС, в этиологии которых атравматические повторные разрывы ПКС совсем не редкое явление. В частности, А.С. Сапрыкин с соавторами при анализе 257 ревизионных и повторных ревизионных реконструкций ПКС установили, что доля наблюдений без повторного травматического фактора в анамнезе составляет 38,9% [2]. И хотя лидирующим фактором являются технические ошибки, инфекционные осложнения и погрешности реабилитации, недооценка модифицируемых особенностей пациента также повышает риск осложнений.

Избыточный наклон плато большеберцовой кости кзади большинством исследователей признается одним из важных факторов, способствующих развитию рецидива после пластики ПКС, наряду с фронтальной деформацией конечности, механической состоятельностью других статических стабилизаторов (переднелатеральная связка, задне-наружный угол) и функциональным состоянием мышц нижней конечности. В частности, консенсус ESSKA, посвященный ревизионной пластике ПКС, рекомендует выполнение корригирующей остеотомии большеберцовой кости для коррекции угла наклона плато кзади при его величине, равной или превышающей  $12^\circ$  [3]. Интересно, что даже изолированная остеотомия большеберцовой кости может обеспечить у ряда пациентов достижение адекватного уровня стабильности коленного сустава, устраняя необходимость повторно восстанавливать ПКС.

Основной находкой работы М.С. Рязанцева с соавторами стало то, что наклон только латерального, но не медиального мыщелка статистически значимо отличался в группе пациентов, которым была выполнена ревизионная пластика ПКС, от выборки больных с ее первичной реконструкцией. Продолжая теоретически экстраполировать полученные авторами данные на процесс приня-

тия клинических решений, напрашивается мысль о необходимости проведения изолированной остеотомии латерального мыщелка большеберцовой кости для коррекции его патологического наклона кзади у пациентов с повреждением ПКС. Подобные вмешательства, как правило, выполняются у пациентов с неправильно сросшимися переломами латерального мыщелка большеберцовой кости, так как, несмотря на целостность всех связок, они предъявляют жалобы на нестабильность коленного сустава, обусловленную костной морфологией [4].

И здесь вполне уместно вспомнить еще об одном тренде современных ортопедических научных исследований: смене упрощенной трактовки обнаруженных различий от статистически достоверных до минимально клинически значимых [5]. Статистически значимое различие — это лишь математический термин, свидетельствующий о маловероятности того, что обнаруженные различия случайны, и этот факт усиливается в исследованиях с большими выборками, но при этом далеко не всегда автоматически присутствует какая-либо клиническая значимость [6]. Да, авторам удалось продемонстрировать, что различия в  $2,1^\circ$  наклона латерального мыщелка кзади в группах пациентов с первичной и ревизионной пластикой ПКС статистически значимы, однако надо ли клиницисту учитывать данный факт в своей практике при принятии решений об объеме хирургического лечения, к сожалению, осталось за рамками обсуждения в статье.

Среди других ограничений данного исследования, важных для читателя с точки зрения клинической практики, следует упомянуть следующие. Во-первых, работу бы усилило сравнительное рентгенологическое и магнитно-резонансно томографическое сопоставление наклона костных и мягкотканых (хрящ и мениск) образований соответственно, так как последние в значительной степени нивелируют различия между медиальным и латеральным отделами коленного сустава, уменьшая величину фактически существующего наклона плато кзади [7, 8]. Во-вторых, увеличение статистической мощности до должного за счет кратного роста анализируемой выборки, возможно, позволило бы получить новые данные и о других анатомических факторах, ассоциированных с риском рецидива разрыва после пластики ПКС, в том числе и наклоне медиального мыщелка большеберцовой кости.

В завершение еще раз хочется подчеркнуть, что данная публикация демонстрирует актуальный сдвиг парадигмы современного подхода: от лечения подобных пациентов как проблемы изолированного хирургического вмешательства к анализу индивидуальных морфологических осо-

бенностей строения коленного сустава как органа в частности и локомоторной единицы нижней конечности в целом, что в будущем поможет прини-

мать релевантные клинические решения для снижения частоты рецидивов разрыва ПКС после её реконструкции.

### ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Rilk S., Saithna A., Achtnich A., Ferretti A., Sonnery-Cottet B., Kösters C. et al. The modern-day ACL surgeon's armamentarium should include multiple surgical approaches including primary repair, augmentation, and reconstruction: A letter to the Editor. *J ISAKOS*. 2023;8(4):279-281. doi: 10.1016/j.jisako.2023.03.434.
2. Сапрыкин А.С., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Структура операций ревизионной пластики передней крестообразной связки: анализ 257 наблюдений. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(3):29-37. doi: 10.17816/2311-2905-1783.  
Saprykin A.S., Ryabinin M.V. Kornilov N.N. Trends in Revision ACL Reconstruction: Analysis of 257 Procedures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2022;28(3): 29-37. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1783.
3. Tischer T., Beaufils P., Becker R., Ahmad S.S., Bonomo M., Dejour D. et al. Management of anterior cruciate ligament revision in adults: the 2022 ESSKA consensus part I-diagnostics and preoperative planning. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022 Nov 2. doi: 10.1007/s00167-022-07214-w. (Ahead in print).
4. Воронкевич И.А., Тихилов Р.М. Внутрисуставные остеотомии по поводу последствий переломов мыщелков большеберцовой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2010;16(3):87-91. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-87-91.
5. Voronkevich I.A., Tikhilov R.M. Intrajoint osteotomies for posttraumatic deformities of tibial condylar surfaces. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2010;16(3):87-91. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-87-91.
5. Bloom D.A., Kaplan D.J., Mojica E., Strauss E.J., Gonzalez-Lomas G., Campbell K.A. et al. The Minimal Clinically Important Difference: A Review of Clinical Significance. *Am J Sports Med*. 2023;51(2):520-524. doi: 10.1177/03635465211053869.
6. Ostojic M., Winkler P.W., Karlsson J., Becker R., Prill R. Minimal Clinically Important Difference: don't just look at the «p-value». *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023;31(10):4077-4079. doi: 10.1007/s00167-023-07512-x.
7. Cinotti G., Sessa P., Ragusa G., Ripani F.R., Postacchini R., Masciangelo R. et al. Influence of cartilage and menisci on the sagittal slope of the tibial plateaus. *Clin Anat*. 2013;26(7):883-892. doi: 10.1002/ca.22118.
8. Lustig S., Scholes C.J., Leo S.P., Coolican M., Parker D.A. Influence of soft tissues on the proximal bony tibial slope measured with two-dimensional MRI. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(2): 372-379. doi: 10.1007/s00167-012-1990-x.

### Сведения об авторе

✉ Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук  
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
ул. Академика Байкова, д. 8  
<https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>  
e-mail: drkornilov@hotmail.com

### Author's information

✉ Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.)  
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,  
Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>  
e-mail: drkornilov@hotmail.com



## Структурная реорганизация диафиза III плюсневой кости после аутогенной пластики большеберцовой порции седалищного нерва

Н.А. Щудло, Т.А. Ступина, Т.Н. Варсегова

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

### Реферат

**Актуальность.** Из мировой литературы известно влияние нейрэктомии седалищного нерва на снижение костной плотности бедренных и большеберцовых костей лабораторных мышей и крыс, но не изучено состояние костей дистальных отделов конечностей после операций, направленных на восстановление иннервации.

**Цель исследования** — выявить структурные изменения диафиза III плюсневой кости после первичной аутогенной пластики резекционного дефекта большеберцовой порции седалищного нерва крыс.

**Материал и методы.** У 16 крыс Wistar (возраст 8–10 мес.) выполнена аутологичная нейропластика большеберцовой порции седалищного нерва. Через 4 мес. ( $n = 8$ ) и 6 мес. ( $n = 8$ ) после операции животных эвтаназировали. Группу контроля (контроль) составили 7 интактных животных в возрасте 14 мес. ( $n = 3$ ) и 16 мес. ( $n = 4$ ) — соответственно возрасту оперированных крыс на момент эвтаназии. Для гистоморфометрического анализа иссекали фрагмент переднего отдела стопы на уровне плюсневых костей. Методом точко-счетной объемометрии в изображениях поперечных срезов диафиза III плюсневой кости, окрашенных по Массону, определяли соотношение фуксинофильных и анилинофильных структур кортикальной пластинки. Измеряли толщину кортикальной пластинки, определяли численную плотность, площадь и диаметр остеонов и гаверсовых каналов.

**Результаты.** Через 4 мес. эксперимента по сравнению с контролем выявлено снижение доли минерализованных структур кортикальной пластинки на 15% ( $p = 0,0001$ ), уменьшена ее толщина на 12,7% ( $p = 0,0184$ ). В остеонном слое выражены признаки остеолита, снижена численная плотность остеонов, их размерные характеристики, отмечены остеоны с расширенными гаверсовыми каналами. В срок 6 мес. толщина кортикальной пластинки не имела статистически значимых отличий от нормы ( $p = 0,2067$ ), однако прогрессировало снижение доли минерализованных структур — на 33,6% ( $p = 0,0001$ ). В остеонном слое сохранялись сниженные значения численной плотности остеонов, их площади и диаметров. Значения диаметров гаверсовых каналов остеонов продолжали увеличиваться.

**Заключение.** В период от 4 до 6 мес. восстанавливалась толщина кортикальной пластинки диафиза III плюсневой кости, но прогрессировали изменения численно-размерного состава остеонов, уменьшение минерализации внеклеточного матрикса и эрозирование субпериостального слоя кости. Оценка денервационной остеопении дистальных отделов конечностей в данных условиях эксперимента применима в дальнейших исследованиях реабилитационных воздействий, ускоряющих и улучшающих реиннервацию.

**Ключевые слова:** седалищный нерв крысы, аутонейропластика, диафиз плюсневой кости, денервационная остеопения, гистоморфометрия.

**Для цитирования:** Щудло Н.А., Ступина Т.А., Варсегова Т.Н. Структурная реорганизация диафиза III плюсневой кости после аутогенной пластики большеберцовой порции седалищного нерва. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):56–64. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2534>.

Ступина Татьяна Анатольевна; e-mail: [stupinasta@mail.ru](mailto:stupinasta@mail.ru)

Рукопись получена: 26.01.2023. Рукопись одобрена: 15.06.2023. Статья опубликована онлайн: 11.07.2023.

© Щудло Н.А., Ступина Т.А., Варсегова Т.Н., 2023



## Structural Reorganization of the Third Metatarsal Bone Shaft After Autogenous Plasty of the Tibial Portion of the Sciatic Nerve

Nathalia A. Shchudlo, Tatyana A. Stupina, Tatyana N. Varsegova

National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

### Abstract

**Background.** Previous research has shown that neurectomy of the sciatic nerve leads to a reduction in bone density in the femur and tibia of laboratory mice and rats. However, the impact of surgeries aimed at restoring nerve innervation on the bones of distal limb parts has not been studied.

**Aim of the study** — to identify structural changes in the shaft of the third metatarsal bone after primary autogenous plasty of the resection defect of the tibial portion of the sciatic nerve in rats.

**Methods.** Autologous neuroplasty of the tibial portion of the sciatic nerve was performed on 16 Wistar rats (aged 8-10 months). The animals were euthanized at 4 and 6 months after the surgery, and a control group of 7 intact rats of similar age was included. Histomorphometric analysis was conducted on a dissected fragment of the forefoot at the level of the metatarsal bones. The ratio of fuchsinophilic and anilinophilic structures of the cortical plate was determined using point-count volumetry on Masson-stained images of transverse sections of the third metatarsal bone shaft. The thickness of the cortical plate, numerical density, area, and diameter of osteons and Haversian canals were measured.

**Results.** After 4 months, compared to the control group, a 15% decrease ( $p = 0.0001$ ) in the proportion of mineralized structures of the cortical plate and a 12.7% reduction ( $p = 0.0184$ ) in its thickness were observed. Osteolysis signs were present in the osteonal layer, along with decreased numerical density and dimensional characteristics of osteons, and the presence of osteons with dilated Haversian canals. At 6 months, the thickness of the cortical plate did not significantly differ from the norm ( $p = 0.2067$ ), but there was a progressive 33.6% decrease ( $p = 0.0001$ ) in the proportion of mineralized structures. Reduced values of numerical density, area, and diameter of osteons persisted in the osteonal layer, while the diameters of Haversian canals in osteons increased over time.

**Conclusion.** From 4 to 6 months, the thickness of the cortical layer in the compact bone of the third metatarsal bone shaft was restored. However, changes in the numerical and dimensional composition of osteons, along with decreased mineralization of the extracellular matrix and erosion of the subperiosteal bone layer, continued to progress. The developed experimental 2D model can be used to assess denervation osteopenia in distal limb parts and further explore rehabilitation interventions that enhance and improve reinnervation.

**Keywords:** rat sciatic nerve, autoneuroplasty, metatarsal bone shaft, denervation osteopenia, histomorphometry.

---

**Cite as:** Shchudlo N.A., Stupina T.A., Varsegova T.N. Structural Reorganization of the Third Metatarsal Bone Shaft After Autogenous Plasty of the Tibial Portion of the Sciatic Nerve. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3): 56-64. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2534>.

✉ Tatyana A. Stupina; e-mail: [stupinasta@mail.ru](mailto:stupinasta@mail.ru)

Submitted: 26.01.2023. Accepted: 15.06.2023. Published online: 11.07.2023.

© Shchudlo N.A., Stupina T.A., Varsegova T.N., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Изменения структуры костей при повреждении периферических нервов исследуются на протяжении многих лет. По мнению J.A. Gillespie, они являются результатом мышечной атрофии от бездействия, не существует доказательств специфического трофического влияния нервов на кости [1]. Однако уже в первой половине XX в. были выявлены вазомоторные нервы гаверсовых каналов и нервные волокна в костном матриксе [2]. В последние два десятилетия исследования костной иннервации интенсифицировались [3]: доказано опосредованное нейротрансмиттерами, нейропептидами, аксональными факторами роста и нейротрофинами участие периферических нервов в развитии и репарации костей [4], изучена нейральная регуляция функции остеобластов и остеокластов в норме и в условиях патологии, прежде всего при остеопорозе [5, 6, 7]. Установлено, что патогенез «пятнистого» остеопороза при посттравматическом комплексном регионарном болевом синдроме, ранее известном под терминами «рефлекторная симпатическая дистрофия» и «каузальгия» (у пациентов с повреждениями периферических нервов), включает участие не только периферической, но и центральной нервной системы [8]. Рентгенологически «пятнистый» остеопороз выявляется чаще в области кистей и стоп, поражая преимущественно субхондральную кость. По мнению некоторых авторов, он не приводит к переломам и в большинстве случаев разрешается спонтанно [9]. По мнению других специалистов, разработка терапии, направленной на повышение костной плотности, для таких пациентов необходима [10].

В экспериментальных исследованиях на животных было установлено системное снижение костной плотности при хронической констрикции седалищного нерва [11, 12] и после нейрэктомии [13, 14]. Сепарация, анизотропия, нарушения непрерывности и снижение численности трабекул проксимального метафиза большеберцовой кости после нейрэктомии седалищного нерва были выражены сильнее, чем у овариоэктомированных крыс [13]. С другой стороны, потеря костной массы у овариоэктомированных крыс была также ассоциирована со снижением внутрикостной иннервации [15].

Потеря костной плотности после нейрэктомии седалищного нерва в трабекулярной кости происходит интенсивнее, чем в компактной [16]. Однако в корковой пластинке большеберцовой кости мышцей уже через 4 нед. после нейрэктомии седалищного нерва ускорилась костная резорбция и снижалась скорость костеобразования [13]. Аналогичный результат был получен на крысах, причем снижение костной плотности происходило в дистально-проксимальном направлении [17].

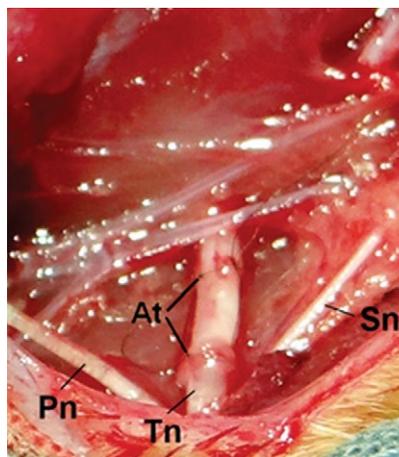
Вызванная нейрэктомией потеря костной массы может быть замедлена фармакологической супрессией макрофагов [18], низкоамплитудными нагрузками [19], низкочастотной электрической миостимуляцией [20], а также применением флавоноида нарингенина [21].

Однако в доступной литературе мы не встретили сведений об изменениях микроструктуры костей дистальных отделов конечностей после операций на нервах, направленных на восстановление иннервации конечностей.

*Цель исследования* — выявить структурные изменения диафиза III плюсневой кости после первичной аутогенной пластики резекционного дефекта большеберцовой порции седалищного нерва крыс.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на 23 крысах-самцах линии Wistar в возрасте 8–10 мес. с массой тела 360–420 г. Шестнадцати опытным животным осуществляли аутологичную нейропластику большеберцовой порции седалищного нерва на уровне средней трети бедра, как описано в опубликованной нами статье [22] (рис. 1). Через 4 мес. ( $n = 8$ ) и 6 мес. ( $n = 8$ ) после операции животных эвтаназировали передозировкой тиопентала после предварительной наркотизации: Рометар 2% (1–2 мг/кг), Золетил 100 (10–15 мг/кг). Группу контроля (контроль) составили 7 интактных животных в возрасте 14 мес. ( $n = 9$ ) и 16 мес. ( $n = 4$ ) соответственно возрасту оперированных крыс на момент эвтаназии.



**Рис. 1.** Большеберцовая порция (Tn) седалищного нерва после швирования аутологичного трансплантата (At) нитью 10-0, Pn — малоберцовая порция седалищного нерва, Sn — икроножный нерв

**Fig. 1.** Tibial portion (Tn) of the sciatic nerve after suturing the autologous graft (At) with 10-0 thread, Pn — peroneal portion of the sciatic nerve, Sn — sural nerve

Для гистоморфометрического анализа иссекали фрагмент переднего отдела стопы на уровне плюсневых костей. Материал фиксировали в 10% растворе формалина, частично декальцинировали в смеси соляной и муравьиной кислот (булавочная проба), обезвоживали в этаноле и заливали в парафин. Парафиновые срезы (толщиной 5–7 мкм) изготавливали на микротоме HM 450 Thermo Scientific (США), окрашивали гематоксилином и эозином и трехцветным методом по Массону. Светооптическое исследование, оцифровку и морфометрию производили с помощью микроскопа AxioScore.A1 с цифровой камерой AxioCam и программным обеспечением Zenblue (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Германия). Объект гистоморфометрического исследования — диафиз III плюсневой кости, иннервируемый ветвями большеберцового нерва.

Методом точко-счетной объемометрии в полноцветных цифровых изображениях поперечных срезов диафиза кости, окрашенных по Массону, при увеличении  $\times 400$  в программе PhotoFiltre 7 с помощью тестовой решетки равноудаленных точек с прозрачными центрами [23] определяли долю фуксинофильных (окрашенных красным цветом) и анилинофильных (окрашенных синим цветом) структур кортикальной пластинки. В программе Zenblue осуществляли морфометрию по следующим параметрам: при увеличении  $\times 40$  измеряли толщину кортикальной пластинки (h, мкм), при увеличении  $\times 400$  в поле зрения определяли численную плотность остеонов (Na), площадь остеонов (S, мкм<sup>2</sup>), диаметр

остеонов (d, мкм), диаметр гаверсова канала (d, мкм). От каждого случая анализировали от 10 до 15 полей зрения.

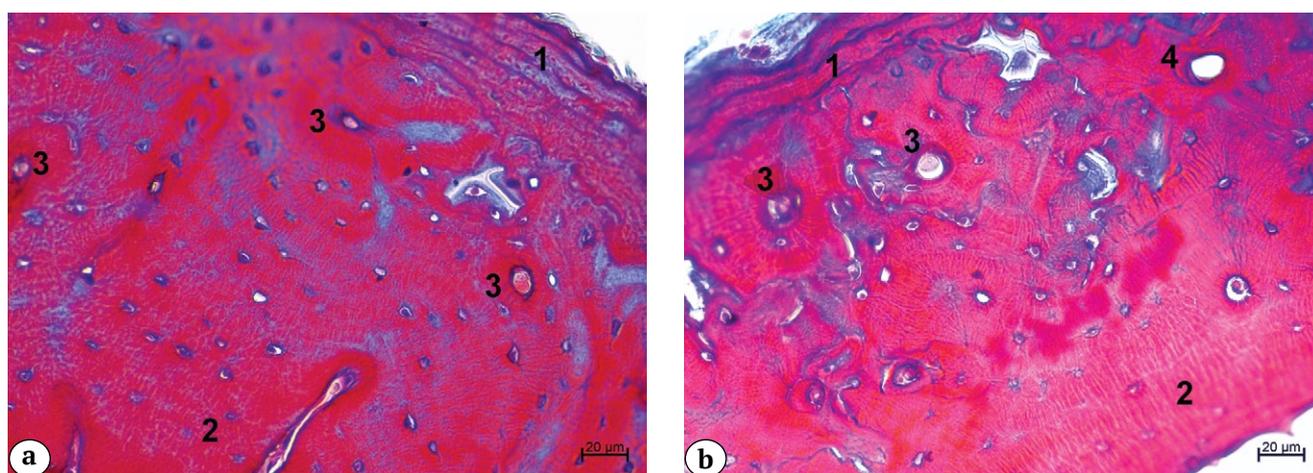
### Статистический анализ

Анализ данных проводили с помощью описательной статистики. Количественные характеристики представлены в виде медиан и квартилей — Me (Q1–Q3). Для проверки статистических гипотез о различиях использовали непараметрический критерий Вилкоксона, статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$  (программа AtteStat, версия 9.3.1).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

В группе интактных животных в кортикальной пластинке III плюсневой кости хорошо выражены наружный и внутренний слои общих пластинок, между которыми располагался остеонный слой (рис. 2а). В остеонном слое отмечены структурно зрелые остеоны с узким просветом гаверсова канала.

В опыте сохранялось аналогичное строение, однако отмечены остеоны с расширенными гаверсовыми каналами (остеоны резорбционного типа, так называемый симптом кортикальной остеопении), свидетельствующие о потере костной массы за счет резорбции компактного костного вещества вокруг сосудов (рис. 2б). Сосуды гаверсовых каналов расширены и заполнены эритроцитами. Выявлялись изменения основного вещества в виде нарушения четких границ остеонов, архитектоники костных пластинок.



**Рис. 2.** Фрагменты кортикальной пластинки III плюсневой кости. Срок эксперимента 4 мес.: а — контроль (интактные животные); б — опыт; 1 — наружный слой общих пластинок; 2 — внутренний слой общих пластинок; 3 — структурно зрелый остеон; 4 — остеон резорбционного типа. Поперечный срез, окраска трехцветным методом по Массону. Ув.  $\times 400$

**Fig. 2.** Fragments of the cortical plate of the third metatarsal bone. Experimental period — 4 months: а — control (intact animals); б — experimental group; 1 — outer layer of the cortical plates; 2 — inner layer of the cortical plates; 3 — mature osteon; 4 — resorptive-type osteon. Cross-section; stained using the Masson's trichrome method. Mag.  $\times 400$

В срок эксперимента 4 мес. отмечено снижение интенсивности окраски срезов кортикальной пластинки красным цветом, особенно в остеонном слое, по сравнению с контролем доля фуксинофильных структур снижена на 15%. Частота встречаемости остеокластов 0–2 в поле зрения при увеличении  $\times 400$ .

В срок эксперимента 6 мес. в окрашенных трехцветным методом по Массону срезах визуально отмечено увеличение доли анилинофильных структур (рис. 3), количественный анализ выявил снижение доли фуксинофильных структур на 33,6% относительно контроля, что свидетельствовало о прогрессирующем снижении минерализации кортикальной пластинки (табл. 1).

Регистрировали признаки периостальной резорбции кортикальной пластинки, со стороны окружающих мягких тканей отмечены вращение кровеносных сосудов и активные остеокласты (рис. 3).

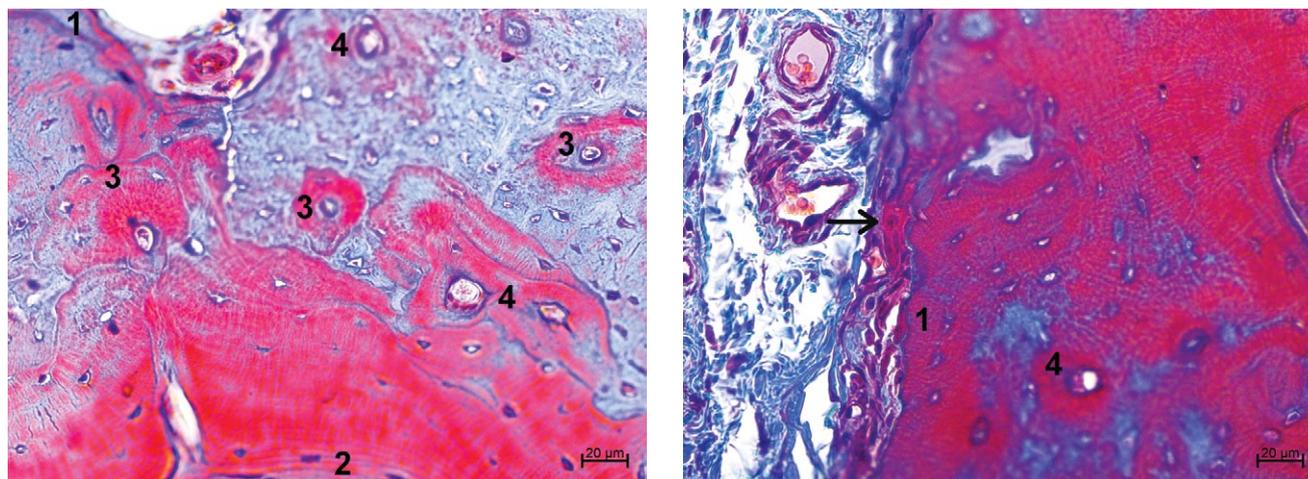
Наружный слой общих пластинок в большей части наблюдений истончен, в части наблюдений отмечены участки утолщения. В остеонном слое выражены признаки остеолита — резорбции костной ткани. Остеоны уменьшены в размерах, гаверсовы каналы расширены с неровными контурами (рис. 3). Об интенсивности процесса резорбции свидетельствовало и возрастание частоты встречаемости остеокластов от 2 до 5 в поле зрения при увеличении  $\times 400$ .

Таблица 1

**Доля минерализованных и неминерализованных структур в кортикальной пластинке на этапах эксперимента, Ме (Q1–Q3)**

Группа	Минерализованные структуры	Неминерализованные структуры
Контроль	77,28 (74,93–79,06)	22,71 (19,89–24,51)
<i>Срок эксперимента — 4 мес.</i>		
Опыт	65,33 (64,51–68,48)	34,66 (31,52–34,56)
<i>p</i>	$p^{к-0} = 0,0001$	$p^{к-0} = 0,0001$
<i>Срок эксперимента — 6 мес.</i>		
Опыт	51,25 (46,25–58,66)	48,75 (41,33–51,33)
<i>p</i>	$p^{к-0} = 0,0001; p^{4-6} = 0,0018$	$p^{к-0} = 0,0001; p^{4-6} = 0,0018$

Применяли критерий Вилкоксона, различия статистически значимы при  $p < 0,05$ ;  $p^{к-0}$  — сравнение контроля и опыта;  $p^{4-6}$  — сравнение между сроками эксперимента.



**Рис. 3.** Фрагменты кортикальной пластинки III плюсневой кости. Срок эксперимента — 6 мес.: 1 — сосудистая инвазия и остеокласт (стрелка) в наружном слое костных пластинок; 2 — внутренний слой общих пластинок; 3 — структурно зрелый остеон; 4 — остеон резорбционного типа. Поперечный срез, окраска трехцветным методом по Массону. Ув.  $\times 400$

**Fig. 3.** Fragments of the cortical plate of the third metatarsal bone. Experimental period — 6 months: 1 — vascular invasion and osteoclast (arrow) in the outer layer of the bone plates; 2 — inner layer of the cortical plates; 3 — mature osteon; 4 — resorptive-type osteon. Cross-section; stained using the Masson’s trichrome method. Mag.  $\times 400$

При гистоморфометрическом анализе значения толщины кортикальной пластинки в опыте при сравнении с контролем в срок 4 мес. эксперимента статистически значимо снижены ( $p = 0,0184$ ), а через 6 мес. после операции не имели значимых отличий от интактной группы ( $p = 0,2067$ ).

В остеонном слое на протяжении всего эксперимента отмечено снижение площади и диаметра

остеонов относительно контроля, минимальные значения зарегистрированы в срок эксперимента 4 мес. Отмечено прогрессирующее снижение численной плотности остеонов. Относительно контроля выявлено статистически значимое увеличение диаметра гаверсова канала ( $p = 0,002$ ), к концу эксперимента значения данного параметра продолжали увеличиваться (табл. 2).

Таблица 2

**Количественные характеристики III плюсневой кости, Ме (Q1–Q3)**

Группа	h кортикал. пластинки, мкм	Na остеонов	S остеоона, мкм <sup>2</sup>	d остеоона, мкм	d гаверс. канала, мкм
Контроль	332,39 (239,20–466,80)	5 (4–6)	1439,36 (629,69–1934,58)	37,48 (21,71–59,63)	5,63 (3,94–11,84)
<i>Срок эксперимента – 4 мес.</i>					
Опыт	289,91 (260,17–302,26)	3,5 (3–4)	613,31 (435,06–954,82)	24,96 (21,14–56,59)	8,83 (7,47–15,26)
<i>p</i>	$p^{к-о} = 0,0184$	$p^{к-о} = 0,0170$	$p^{к-о} = 0,0080$	$p^{к-о} = 0,0085$	$p^{к-о} = 0,0020$
<i>Срок эксперимента – 6 мес.</i>					
Опыт	301,65 (256,80–327,03)	3 (2–3)	680,41 (311,07–987,07)	29,43 (19,18–45,65)	10,88 (7,64–25,29)
<i>p</i>	$p^{к-о} = 0,2067$ $p^{4-6} = 0,2701$	$p^{к-о} = 0,0130$ $p^{4-6} = 0,0781$	$p^{к-о} = 0,0357$ $p^{4-6} = 0,9149$	$p^{к-о} = 0,0357$ $p^{4-6} = 0,5934$	$p^{к-о} = 0,0027$ $p^{4-6} = 0,3735$

Применяли критерий Вилкоксона, различия статистически значимы при  $p < 0,05$ ;  $p^{к-о}$  — сравнение контроля и опыта;  $p^{4-6}$  — сравнение между сроками эксперимента.

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Первичный шов «конец в конец» является золотым стандартом хирургического лечения анатомических перерывов нервов. По данным обзора публикаций из 25 стран, он выполняется у большинства пациентов с повреждениями нервов, однако полное функциональное восстановление достигается только в 10% случаев [24]. Принято считать, что основными причинами неудовлетворительных клинических результатов являются медленный регенераторный рост отростков аксомированных нейронов — всего один дюйм в месяц у людей [25], а также длинный регенерационный путь, что предопределяет наступление необратимых денервационных изменений тканей мишеней дистальных отделов конечностей еще до момента реиннервации [26]. В частности, степень развития изменений мышц может широко варьировать, отражая неоднородность начальных параметров повреждения нерва и разные темпы развития атрофических компенсаторно-приспособительных процессов, но в отдаленные сроки степень этих изменений нередко достигает значительной выраженности [27].

Однако не только в клинике, но и в опытах на мелких лабораторных животных параметры иннервации восстанавливаются длительно и частично. В частности, вплоть до 20 нед. после перерезки и шва седалищного нерва крыс соотношение пептидергических и непептидергических нервных волокон в эпидермисе подушечек стоп остается нарушенным [28]. По данным других авторов, через 220 дней после шва седалищного нерва крыс средний диаметр регенерировавших миелинизированных волокон в дистальном отрезке нерва достигает не более 50% от соответствующего параметра интактного нерва, регенерирующий нерв содержит большое количество тонких непроводящих волокон [29].

Ранее в нашей экспериментальной модели первичной аутопластики резекционного дефекта большеберцовой порции седалищного нерва коротким аутологичным трансплантатом установлено, что через 6 мес. после операции средний диаметр регенерировавших миелинизированных волокон большеберцового нерва на уровне средней трети голени составил 52% от соответствующего параметра интактного нерва, индекс ва-

скуляризации подошвенных межкостных мышц уменьшен вдвое по сравнению с интактными животными, а медиана диаметров мышечных волокон — на 20,96%, что свидетельствует о частичном характере реиннервации и сниженной васкуляризации мышц стопы [22].

В представленном исследовании впервые изучены структурные изменения диафиза III плюсневой кости в отдаленные сроки после первичной аутопластики седалищного нерва. Наряду с традиционно применяемой окраской гематоксилином и эозином для оценки остеопороза [30] использовали трехцветный метод по Массону, который позволяет дифференцировать зрелую минерализованную кость от деминерализованной, поскольку первая проявляет аффинитет к кислому фуксину и поэтому окрашивается в красный цвет [31].

Через 4 мес. эксперимента по сравнению с контролем выявлено снижение доли минерализованных структур кортикальной пластинки на 15%, уменьшена ее толщина на 12,7%, в остеонном слое выражены признаки остеолита, снижена численная плотность остеонов, уменьшены их размерные характеристики, отмечены остеоны с расширенными гаверсовыми каналами. В срок 6 мес. толщина кортикальной пластинки не имела значимых отличий от нормы, однако прогрессировало снижение доли минерализованных структур на 33,6%. В остеонном слое сохранялись сниженные значения численной плотности остеонов, их площади и диаметров. Значения диаметров гаверсовых каналов продолжали увеличиваться. Расширенные гаверсовы каналы с неровными контурами являлись следствием остеокластической резорбции костной ткани. К концу эксперимента интенсивно выражены признаки периостальной резорбции кортикальной пластинки. Со стороны мягких тканей зарегистрирована инвазия сосудов и остеокластов.

Динамика морфометрических показателей компактной кости, по-видимому, определяется стойким снижением васкуляризации окружаю-

щих кость мягких тканей и самой кости в условиях неполной реиннервации. Прогрессирующее увеличение диаметра гаверсовых каналов и восстановление толщины кортикальной пластинки, возможно, связаны, то есть формирование остеонов резорбционного типа обеспечивает субстрат для минерализации вновь образующегося матрикса.

Следует также отметить, что выявленные в нашем исследовании изменения существенно отличаются от остеопороза вследствие бездействия, при котором существенно уменьшается толщина кортикальной пластинки преимущественно за счет эндостальной резорбции [32], а также от старческой остеопении крыс, при которой численная плотность остеонов увеличивается, а диаметр гаверсовых каналов уменьшается [33]. Развитие старческой остеопении у мышей и у людей также проявлялось повышением порозности кортикальной пластинки за счет новообразования остеоноподобных структур [34]. По данным биомеханических исследований, повышение пористости кости приводит к необратимым изменениям формы путем послойного уплотнения и разрушения микроструктуры без распада на отдельные фрагменты [35].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что в период от 4 до 6 мес. после аутологичной пластики резекционного дефекта большеберцовой порции седалищного нерва восстанавливается толщина кортикальной пластинки диафиза III плюсневой кости, но прогрессируют изменения численно-размерного состава остеонов, уменьшение минерализации внеклеточного матрикса и эрозирование субпериостального слоя кости. Оценка денервационной остеопении дистальных отделов конечностей в данных условиях эксперимента применима в дальнейших исследованиях реабилитационных воздействий, ускоряющих и улучшающих реиннервацию.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Шудло Н.А.* — концепция и дизайн исследования, проведение эксперимента, написание и редактирование текста статьи.

*Ступина Т.А.* — сбор, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи.

*Варсегова Т.Н.* — анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Shchudlo N.A.* — study concept and design, writing and drafting the article.

*Stupina T.A.* — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

*Varsegova T.N.* — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Источник финансирования.** Работа поддержана программой МЗ РФ в рамках государственного задания ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России для выполнения НИР на 2020–2023 гг.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Эксперимент выполнен согласно СанПиН 3.3686-21; ГОСТ 33217-2014; ГОСТ 33215-2014. Исследование проведено при соблюдении принципов гуманного обращения с лабораторными животными в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей, и директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.

Дизайн исследования одобрен этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, протокол № 4 (68) от 11.11.2020 г.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

**Funding source.** State budgetary funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** The study was conducted in compliance with the principles of humane treatment of laboratory animals in accordance with the requirements of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experiments and other Scientific Purposes and Directive 2010/63/EU of the European Parliament and the Council of the European Union of September 22, 2010 on the protection of animals used for scientific purposes.

The study was approved by the local ethics committee of National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, protocol No 4 (68), 11.11.2020.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Gillespie J.A. The nature of the bone changes associated with nerve injuries and disuse. *Bone Joint Surg.* 1954;36-B(3):464-473. doi: 10.1302/0301-620X.36B3.464.
- Hurrell D.J. The Nerve Supply of Bone. *J Anat.* 1937; 72(Pt 1):54-61.
- Milovanović P., Đurić M. Innervation of bones: Why it should not be neglected? *Med Podml.* 2018;69(3):25-32. (In Serbian). doi: 10.5937/mp69-18404.
- Wan Q.Q., Qin W.P., Ma Y.X., Shen M.J., Li J., Zhang Z.B. et al. Crosstalk between Bone and Nerves within Bone. *Adv Sci (Weinh).* 2021;10;8(7):2003390. doi: 10.1002/advs.202003390.
- Gkiatas I., Papadopoulos D., Pakos E.E., Kostas-Agnantis I., Gelalis I., Vekris M. et al. The Multifactorial Role of Peripheral Nervous System in Bone Growth. *Front Phys.* 2017;5:44. doi: 10.3389/fphy.2017.00044.
- Танашян М.М., Антонова К.В., Мазур А.С., Спрышков Н.Е. Неврологические заболевания и остеопороз. *Эффективная фармакотерапия.* 2022;18(19):42-50. doi: 10.33978/2307-3586-2022-18-19-42-50. Tanashyan M.M., Antonova K.V., Mazur A.S., Spryskov N.E. Neurological Diseases and Osteoporosis. *Effective pharmacotherapy.* 2022;18(19):42-50. (In Russian). doi: 10.33978/2307-3586-2022-18-19-42-50.
- Eleftheriou F. Impact of the Autonomic Nervous System on the Skeleton. *Physiol Rev.* 2018;98(3):1083-1112. doi: 10.1152/physrev.00014.2017.
- Park G.Y., Im S., Hoon S. Patchy Osteoporosis in Complex Regional Pain Syndrome. Osteoporosis. *InTech;* 2012. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/29181>.
- Atkins R.M. Complex regional pain syndrome. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(8):1100-1106. doi: 10.1302/0301-620x.85b8.14673.
- Hind K., Johnson M.I. Complex regional pain syndrome in a competitive athlete and regional osteoporosis assessed by dual-energy X-ray absorptiometry: a case report. *J Med Case Rep.* 2014;8:165. doi: 10.1186/1752-1947-8-165.

- Suyama H., Moriwaki K., Niida S., Maehara Y., Kawamoto M., Yuge O. Osteoporosis following chronic constriction injury of sciatic nerve in rats. *J Bone Miner Metab.* 2002;20(2):91-97. doi: 10.1007/s007740200012.
- Bosco F., Guarnieri L., Nucera S., Scicchitano M., Ruga S., Cardamone A. et al. Pathophysiological Aspects of Muscle Atrophy and Osteopenia Induced by Chronic Constriction Injury (CCI) of the Sciatic Nerve in Rats. *Int J Mol Sci.* 2023;24(4):3765. doi: 10.3390/ijms24043765.
- Brouwers J.E., Lambers F.M., van Rietbergen B., Ito K., Huiskes R. Comparison of bone loss induced by ovariectomy and neurectomy in rats analyzed by in vivo micro-CT. *J Orthop Res.* 2009;27(11):1521-1527. doi: 10.1002/jor.20913.
- Kodama Y., Dimai H.P., Wergedal J., Sheng M., Malpe R., Kutilek S. et al. Cortical tibial bone volume in two strains of mice: effects of sciatic neurectomy and genetic regulation of bone response to mechanical loading. *Bone.* 1999;25(2):183-190. doi: 10.1016/s8756-3282(99)00155-6.
- Burt-Pichat B., Lafage-Proust M.H., Duboeuf F., Laroche N., Itzstein C., Vico L. et al. Dramatic decrease of innervation density in bone after ovariectomy. *Endocrinology.* 2005;146(1):503-510. doi: 10.1210/en.2004-0884.
- Monzem S., Javaheri B., de Souza R.L., Pitsillides A.A. Sciatic neurectomy-related cortical bone loss exhibits delayed onset yet stabilises more rapidly than trabecular bone. *Bone Rep.* 2021;15:101116. doi: 10.1016/j.bonr.2021.101116.
- Ko H.Y., Chang J.H., Shin Y.B., Shin M.J., Shin Y.I., Lee C.H. et al. Changes of lower-limb trabecular bone density after sciatic nerve transection in immature rats. *Biomed Res.* 2017;28(18):8079-8084.
- Shimada N., Sakata A., Igarashi T., Takeuchi M., Nishimura S. M1 macrophage infiltration exacerbate muscle/bone atrophy after peripheral nerve injury. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):44. doi: 10.1186/s12891-020-3069-z.

19. Piet J., Hu D., Baron R., Shefelbine S.J. Bone adaptation compensates resorption when sciatic neurectomy is followed by low magnitude induced loading. *Bone*. 2019;120:487-494. doi: 10.1016/j.bone.2018.12.017.
20. Tamaki H., Yotani K., Ogita F., Hayao K., Kirimoto H., Onishi H. et al. Low-Frequency Electrical Stimulation of Denervated Skeletal Muscle Retards Muscle and Trabecular Bone Loss in Aged Rats. *Int J Med Sci*. 2019;16(6):822-830. doi: 10.7150/ijms.32590.
21. Ma X., Lv J., Sun X., Ma J., Xing G., Wang Y. et al. Naringin ameliorates bone loss induced by sciatic neurectomy and increases Semaphorin 3A expression in denervated bone. *Sci Rep*. 2016;6:24562. doi: 10.1038/srep24562.
22. Щудло Н.А., Кобызев А.Е., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А. Гистоморфометрическая оценка большеберцового нерва и мелких мышц стопы после внутреннего невролиза и аутогенной пластики большеберцовой порции седалищного нерва крыс. *Гений ортопедии*. 2022;28(6):823-829. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-823-829.
- Shchudlo N.A., Kobzyev A.E., Varsegova T.N., Stupina T.A. Histomorphometric assessment of the tibial nerve and small muscles of the foot after internal neurolysis and autogenous plastic surgery of the tibial portion of the sciatic nerve in rats. *Orthopaedic Genius*. 2022;28(6):823-829. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-823-829.
23. Щудло М.М., Ступина Т.А., Щудло Н.А. Количественный анализ метахромазии суставного хряща в телепатологии. *Известия Челябинского научного центра УрО РАН*. 2004;25:17-22.
- Shchudlo M.M., Stupina T.A., Shchudlo N.A. Quantitative analysis of articular cartilage metachromasia in telepathology. *Proceedings of the Chelyabinsk Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2004;25:17-22. (In Russian).
24. Scholz T., Krichevsky A., Sumarto A., Jaffurs D., Wirth G.A., Paydar K. et al. Peripheral nerve injuries: an international survey of current treatments and future perspectives. *J Reconstr Microsurg*. 2009;25(6):339-344. doi: 10.1055/s-0029-1215529.
25. Höke A. A (heat) shock to the system promotes peripheral nerve regeneration. *J Clin Invest*. 2011;121(11):4231-4234. doi: 10.1172/JCI59320.
26. Scheib J., Höke A. Advances in peripheral nerve regeneration. *Nat Rev Neurol*. 2013;9(12):668-676. doi: 10.1038/nrneurol.2013.227.
27. Григоровский В.В., Страфун С.С., Гайко О.Г., Гайович В.В., Блинова Е.Н. Гистопатологические изменения и корреляционные зависимости морфологических показателей состояния мышц конечностей и клинических данных у больных с последствиями травматических нарушений иннервации. *Гений ортопедии*. 2014;(4):49-57.
- Grigorovskii V.V., Strafun S.S., Gaiko O.G., Gaiovich V.V., Blinova E.N. Histopathological changes and correlations of the morphological values of limb muscle status and clinical data in patients with the consequences of innervation traumatic disorders. *Orthopaedic Genius*. 2014;(4):49-57. (In Russian).
28. Kambiz S., Duraku L.S., Baas M., Nijhuis T.H., Cosgun S.G., Hovius S.E. et al. Long-term follow-up of peptidergic and nonpeptidergic reinnervation of the epidermis following sciatic nerve reconstruction in rats. *J Neurosurg*. 2015;123(1):254-269. doi: 10.3171/2014.12.JNS141075.
29. Ikeda M., Oka Y. The relationship between nerve conduction velocity and fiber morphology during peripheral nerve regeneration. *Brain Behav*. 2012;2(4):382-390. doi: 10.1002/brb3.61.
30. Şipos R.S., Fehete R., Moldovan D., Sus I. Szasz S., Pávai Z. Assessment of femoral bone osteoporosis in rats treated with simvastatin or fenofibrate. *Open Life Sci*. 2015;10(1):379-387. doi: 10.1515/biol-2015-0039.
31. Zhang C., Yan B., Cui Z., Cui S., Zhang T., Wang X. et al. Bone regeneration in minipigs by intrafibrillar mineralized collagen loaded with autologous periodontal ligament stem cells. *Sci Rep*. 2017;7(1):10519. doi: 10.1038/s41598-017-11155-7.
32. Li C.Y., Price C., Delisser K., Nasser P., Laudier D., Clement M. et al. Long-term disuse osteoporosis seems less sensitive to bisphosphonate treatment than other osteoporosis. *J Bone Miner Res*. 2005;20(1):117-124. doi: 10.1359/JBMR.041010.
33. Singh I.J., Gunberg D.L. Quantitative histology of changes with age in rat bone cortex. *J Morphol*. 1971;133(2):241-251. doi: 10.1002/jmor.1051330208.
34. Piemontese M., Almeida M., Robling A.G., Kim H.N., Xiong J., Thostenson J.D. et al. Old age causes de novo intracortical bone remodeling and porosity in mice. *JCI Insight*. 2017;2(17):e93771. doi: 10.1172/jci.insight.93771.
35. Удинцева М.Ю., Зайцев Д.В., Волокитина Е.А., Антропова И.П., Кутепов С.М. Исследование механических свойств костной ткани наacetabулярной области. *Гений ортопедии*. 2022;28(4):559-564. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-4-559-564.
- Udinceva M.Ju., Zajcev D.V., Volokitina E.A., Antropova I.P., Kutepov S.M. Investigation of bone tissue mechanical properties in the supra-acetabular region. *Orthopaedic Genius*. 2022;28(4):559-564. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-4-559-564.

#### Сведения об авторах

✉ Ступина Татьяна Анатольевна — д-р биол. наук  
 Адрес: Россия, 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6  
<https://orcid.org/0000-0003-3434-0372>  
 e-mail: stupinasta@mail.ru

Щудло Наталья Анатольевна — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-9914-8563>  
 e-mail: nshchudlo@mail.ru

Варсегова Татьяна Николаевна — канд. биол. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-5430-2045>  
 e-mail: varstn@mail.ru

#### Authors' information

✉ Tatyana A. Stupina — Dr. Sci. (Biol.)  
 Address: 6, M. Ulyanova st., Kurgan, 640014, Russia  
<https://orcid.org/0000-0003-3434-0372>  
 e-mail: stupinasta@mail.ru

Nathalia A. Shchudlo — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-9914-8563>  
 e-mail: nshchudlo@mail.ru

Tatyana N. Varsegova — Cand. Sci. (Biol.)  
<https://orcid.org/0000-0001-5430-2045>  
 e-mail: varstn@mail.ru



## Оригинальный направитель для малоинвазивной дистальной остеотомии первой плюсневой кости при лечении вальгусной деформации первого пальца стопы

А.В. Олейник<sup>1</sup>, И.Г. Беленький<sup>1,2</sup>, Г.Д. Сергеев<sup>1,2</sup>, А.Ю. Кочиш<sup>3</sup>, К.В. Разумова<sup>1</sup>,  
А.Е. Биназаров<sup>1</sup>, Б.А. Майоров<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Малоинвазивные хирургические вмешательства широко применяются в травматологии и ортопедии. Совершенствуется как техника операций, так и применяемые инструменты, что способствует улучшению функциональных результатов лечения пациентов.

**Цель исследования:** представить новый инструмент — направитель для малоинвазивной хирургической коррекции приобретенной вальгусной деформации первого пальца стопы.

**Описание инструмента.** Разработан направитель, предназначенный для использования при выполнении малоинвазивных оперативных вмешательств для коррекции *hallux valgus* (HV). Он состоит из нескольких соединяющихся между собой компонентов: дистальная планка, интрамедуллярный направитель, проксимальная планка, шаблон для спицы. Эти детали фиксируются друг с другом. При этом дистальная планка, проксимальная планка и шаблон для спицы соединяются с возможностью регулировки взаимного их расположения. Конструкция предложенного устройства позволяет провести первую направляющую спицу для установки канюлированного винта в оптимальном положении. Представленный клинический случай, иллюстрирует успешное применение описанного устройства. Пациентке выполнена малоинвазивная дистальная корригирующая остеотомия по поводу вальгусного отклонения первого пальца средней степени тяжести. По данным дооперационных рентгенограмм первый межплюсневый угол и угол отклонения первого пальца были равны 13,5° и 25° соответственно, через 6 мес. после операции — 3° и 7°, соответственно. Результат корригирующей операции был признан отличным.

**Заключение.** Применение предложенного направителя сокращает время операции, уменьшает ее травматичность и минимизирует лучевую нагрузку на хирурга и пациента.

**Ключевые слова:** минимально инвазивная хирургия, вальгусная деформация первого пальца стопы, *hallux valgus*, корригирующая остеотомия, направляющее устройство.

**Для цитирования:** Олейник А.В., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Кочиш А.Ю., Разумова К.В., Биназаров А.Е., Майоров Б.А. Оригинальный направитель для малоинвазивной дистальной остеотомии первой плюсневой кости при лечении вальгусной деформации первого пальца стопы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):65-72. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8427>.

Беленький Игорь Григорьевич; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Рукопись получена: 18.04.2023. Рукопись одобрена: 27.07.2023. Статья опубликована онлайн: 08.08.2023.

© Олейник А.В., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Кочиш А.Ю., Разумова К.В., Биназаров А.Е., Майоров Б.А., 2023



## Original Guide for Minimally Invasive Distal Osteotomy of the First Metatarsal Bone in the Treatment of Hallux Valgus

Aleksei V. Oleinik<sup>1</sup>, Igor G. Belenkiy<sup>1,2</sup>, Gennadii D. Sergeev<sup>1,2</sup>, Aleksandr Yu. Kochish<sup>3</sup>, Kseniya V. Razumova<sup>1</sup>, Artur E. Binazarov<sup>1</sup>, Boris A. Maiorov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Background.** Minimally invasive surgical interventions are widely used in trauma and orthopedic surgery. Both the surgical technique and the instruments applied are being improved, which contributes to better functional results of patients' treatment.

**Aim of the study** — to present a new guide tool for minimally invasive surgical correction of acquired hallux valgus.

**Guide description.** A guide tool intended to be used in minimally invasive surgical interventions for hallux valgus (HV) correction has been developed. It consists of several interconnecting components: the distal bar, the intramedullary guide, the proximal bar, and the wire guide. These components are fixed to each other. At the same time, the distal bar, the proximal bar, and the wire guide are connected with the possibility of adjusting their mutual positioning. The design of the proposed device enables to guide the first guiding wire and to place the cannulated screw in an optimal position. The presented clinical case illustrates the successful application of the described device. The patient underwent minimally invasive distal corrective osteotomy for hallux valgus of medium severity. According to the preoperative X-rays, the first intermetatarsal angle and the first toe deviation angle were 13.5° and 25°, respectively. Six months after the surgery, they were 3° and 7°, respectively. The result of the corrective surgery was considered excellent.

**Conclusion.** Application of the proposed guide tool decreases surgery duration, reduces soft tissue damage and minimizes radiation exposure of the surgeon and the patient.

**Keywords:** minimally invasive surgery, valgus deformity of the first toe, hallux valgus, correcting osteotomy, guide tool.

**Cite as:** Oleinik A.V., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Kochish A.Yu., Razumova K.V., Binazarov A.E., Maiorov B.A. Original Guide for Minimally Invasive Distal Osteotomy of the First Metatarsal Bone in the Treatment of Hallux Valgus. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):65-72. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8427>.

✉ Igor G. Belenkiy; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Submitted: 18.04.2023. Accepted: 27.07.2023. Published online: 08.08.2023.

© Oleynik A.V., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Kochish A.Yu., Razumova K.V., Binazarov A.E., Maiorov B.A., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема хирургического лечения вальгусной деформации первого пальца стопы интересует врачей уже почти два столетия [1]. Это объясняется не только высокой частотой встречаемости данного заболевания, но и сложностью его этиопатогенеза [2, 3, 4]. Попытки хирургов воздействовать на различные патогенетические факторы формирования *hallux valgus* (HV) привели к тому, что на сегодняшний день описано более 130 вариантов хирургических вмешательств [1, 5]. Наиболее современными способами лечения являются малоинвазивные корригирующие остеотомии, которые широко применяются при лечении деформаций легкой и средней степеней тяжести [6, 7].

В публикациях, посвященных оперативному лечению вальгусного отклонения первого пальца стопы, авторы говорят о трех поколениях малоинвазивных вмешательств [6, 8]. К первому поколению относится операция по Reverdin – Isham, которая представляет собой клиновидную закрытоугольную остеотомию на уровне головки первой плюсневой кости, выполняемую из мини-доступов. Второе поколение — это малоинвазивная операция по Bosch. Данное вмешательство заключается в чрескожной поперечной дистальной остеотомии первой плюсневой кости с фиксацией костных фрагментов спицей Киршнера. Эти два поколения методов хирургического лечения HV критиковались в научной литературе в связи с недостаточной доказательной базой для их широкого клинического применения и высокой частотой осложнений [8]. Наибольшей популярностью сегодня пользуется третье поколение операций — малоинвазивная дистальная шевронная остеотомия первой плюсневой кости в сочетании с остеотомией по Akin (MICA — minimally invasive chevron Akin), при которой фиксация костных фрагментов производится с помощью канюлированных компрессирующих винтов [7, 9].

Результаты исследований, опубликованных в предыдущем десятилетии, говорят о том, что функциональные исходы малоинвазивных и открытых корригирующих операций по поводу HV схожи. [10, 11, 12]. Однако метаанализ наиболее современных публикаций по данной теме свидетельствует в пользу малоинвазивных вмешательств [6]. Преимущества малоинвазивных операций перед открытыми включают более бережное отношение к мягким тканям, меньшую длительность вмешательства, короткие сроки реабилитации и более выраженный косметический эффект [13]. Однако существуют и недостатки. Малоинвазивные корригирующие остеотомии требуют обязательной интраоперационной рентгенографии на этапах операции [14]. Закрытая методика фиксации отломков при помощи канюлированных винтов

приводит к увеличению времени работы электронно-оптического преобразователя и, следовательно, повышает лучевую нагрузку на пациента и оператора. Длительность данного этапа операции также зависит от опыта хирурга. Неверное итоговое положение винтов может приводить к нестойкости фиксации, болевому синдрому в послеоперационном периоде и неудовлетворенности пациента лечением в целом. С целью решения этих проблем мы разработали универсальный направитель для проведения направляющих спиц под канюлированные компрессирующие винты. Применение данного инструмента упрощает этап фиксации остеотомированных фрагментов первой плюсневой кости и минимизирует риск некорректной установки металлоконструкций.

**Цель исследования:** представить новый инструмент — направитель для малоинвазивной хирургической коррекции приобретенной вальгусной деформации первого пальца стопы.

## ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ОРИГИНАЛЬНОГО НАПРАВИТЕЛЯ

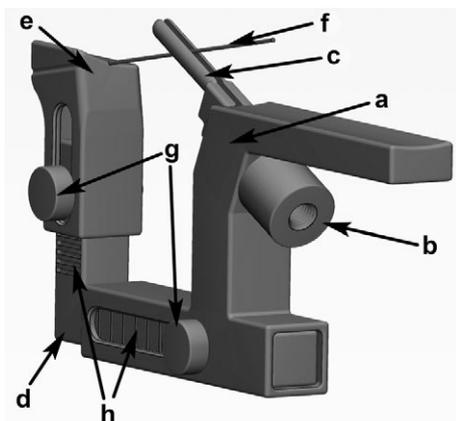
В ГБУ «Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» разработано устройство, которое представляет собой направитель, предназначенный для использования при выполнении малоинвазивных оперативных вмешательств для коррекции HV. Он состоит из нескольких соединяющихся между собой компонентов: дистальной планки, интрамедуллярного направителя, проксимальной планки, шаблона для спицы. Эти детали фиксируются друг с другом, при этом дистальная планка, проксимальная планка и шаблон для спицы соединяются с возможностью регулировки взаимного их расположения (рис. 1).

Дистальная и проксимальные планки являются основными частями устройства, к которым прикрепляются интрамедуллярный направитель и шаблон для спицы соответственно. Все детали устройства собираются при помощи резьбовых фиксаторов.

В интрамедуллярном направителе необходимо особо отметить часть, вводимую в костномозговой канал первой плюсневой кости, со сквозной прорезью для спицы шириной 2 мм. В шаблоне для спицы расположено направляющее отверстие. Ось отверстия пересекает ось внутрикостной части интрамедуллярного направителя и лежит в одной плоскости с его прорезью. Регулировка положения шаблона для спицы осуществляется по двум взаимно перпендикулярным осям за счет подвижности шаблона для спицы и дистальной планки. Точность регулировки достигается за счет шкал, нанесенных на проксимальную планку. Цена деления шкалы, расположенной на коротком плече проксимальной планки, составляет 1 мм, на длинном

плече — 5 мм. Угол наклона оси отверстия для спицы шаблона для спицы составляет  $102^\circ$  при  $18\text{--}20^\circ$  отклонения дистальной опиленной части первой пястной кости от оси проксимальной части кости. Угловые значения, а также значения цены деления регулировочных шкал были рассчитаны эмпирическим путем, используя метод компьютерного моделирования. Благодаря такой конструкции направ-

вителя проведенная с его помощью спица выходит из латерального кортикального слоя первой плюсневой кости на 10 мм проксимальнее опиловки. Такое расстояние является оптимальным для осуществления дальнейшей фиксации. Одним из назначений разработанного устройства является возможность сохранять эту точку неизменной при различных антропометрических данных пациентов.



**Рис. 1.** Вид направителя (косая проекция):

a — дистальная планка устройства;  
b — фиксатор; c — интрамедуллярный направитель;  
d — проксимальная планка устройства;  
e — шаблон для спицы; f — спица;  
g — регулировочные болты, фиксирующие проксимальные и дистальные планки;  
h — регулировочные шкалы

**Fig. 1.** Guide view (oblique view):

a — distal bar; b — fixator;  
c — intramedullary guide; d — proximal bar;  
e — wire guide; f — wire;  
g — adjusting screws fixing proximal and distal bars;  
h — adjusting scales

Направитель устанавливают в костномозговой канал первой плюсневой кости таким образом, что спица, проведенная через шаблон для спицы, проходит через медиальный и латеральный кортикальные слои первой плюсневой кости. По установленной с помощью устройства спице проводят канюлированный винт для фиксации фрагментов первой плюсневой кости.

### ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Пациент располагается на операционном столе в положении на спине. Производится обработка растворами антисептиков и ограничение стерильным бельем операционного поля от кончиков пальцев оперируемой стопы до верхней трети голени. По внутренней поверхности переднего отдела стопы в проекции дистальной 1/4 диафиза первой плюсневой кости хирург скальпелем выполняется разрез кожи размером 3–4 мм сразу до кости. Уровень остеотомии находится на расстоянии примерно 2,0–2,5 см от рентгенологической проекции суставной щели первого плюснефалангового сустава. Выполняется поперечная остеотомия диафиза первой плюсневой кости буром 2,2–2,9 мм. Головку первой плюсневой кости смещают латерально. Через разрез, выполненный ранее для остеотомии, в костномозговой канал проксимального фрагмента первой плюсневой кости заводят интрамедуллярный направитель разработанного устройства. При этом основание направителя упирается в головку первой плюсневой кости, смещая ее в латеральную сторону и удерживая в этом положении. Степень смещения головки кнаружи определяется конструкцией направителя и допол-

нительно не регулируется. В зависимости от индивидуальных особенностей строения стопы хирург регулирует положение шаблона направителя для спицы.

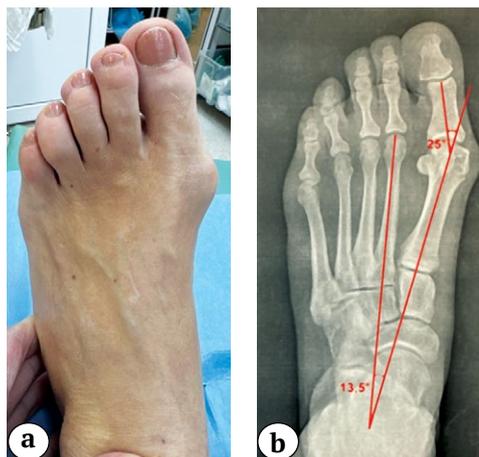
После настройки инструмента медицинской дрелью чрескожно и чрескостно через отверстие в шаблоне проводят направляющую спицу. Спица проходит через проксимальный фрагмент первой плюсневой кости и далее входит в ее головку. Положение спицы оценивается с помощью интраоперационных рентгенограмм. Дрель снимают со спицы. Направляющее устройство вынимают из операционной раны.

Для уменьшения травматизации мягких тканей в стороны от точек входа спиц в кожу делают надрезы по 2 мм. Канюлированным сверлом 2,7 мм по направляющей спице формируют канал для канюлированного винта. С помощью канюлированной отвертки проводят канюлированный винт 3,5 мм для фиксации фрагментов первой плюсневой кости. Спицу удаляют. Вторую спицу проводят методом «свободной руки» параллельно уже установленному винту. Затем после формирования канюлированным сверлом канала по спице устанавливают второй канюлированный винт.

Опиерирующий хирург контролирует стабильность фиксации фрагментов первой плюсневой кости клинически и рентгенологически. Далее с помощью бура производится резекция излишков костной ткани медиальной части проксимального и при необходимости дистального фрагментов первой плюсневой кости. Операционные раны промываются растворами антисептиков и ушиваются после контроля гемостаза.

### КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациентка 48 лет с приобретенной деформацией переднего отдела левой стопы. На момент осмотра перед операцией предъявляла жалобы на боли в области деформации. Жалобы сохранялись на протяжении года перед обращением. Выполнены рентгенограммы стопы с нагрузкой (рис. 2). Для оценки степени коррекции деформации измерялись первый межплюсневый угол и угол отклонения первого пальца — они были равны  $13,5^\circ$  и  $25^\circ$  соответственно.



**Рис. 2.** Стопа до операции:  
а — внешний вид;  
б — рентгенограмма с нагрузкой в прямой проекции

**Fig. 2.** Foot before surgery:  
a — general view;  
b — Stress X-ray in AP view

Установлен диагноз: комбинированное плоскостопие; приобретенная деформация переднего отдела левой стопы; вальгусная деформация первого пальца левой стопы средней степени тяжести.

Консервативные способы лечения (подбор обуви и индивидуальные ортопедические стельки) оказались неэффективны. Принято решение об оперативном лечении. Пациентке выполнена оперативная малоинвазивная коррекция вальгусной деформации первого пальца левой стопы с применением разработанного направителя по описанной выше методике (рис. 3).

На рентгенограммах, выполненных в первые сутки после операции, первый межплюсневый угол был равен  $3^\circ$ , угол вальгусного отклонения первого пальца —  $4^\circ$ . Послеоперационный период протекал без особенностей.

Контрольные осмотры с рентгенографией через 4 и 8 нед. не выявили развития каких-либо осложнений. Признаки формирования костной мозоли были отмечены на рентгенограммах, выполненных на сроке 8 нед.



**Рис. 3.** Интрамедуллярный направитель введен в костномозговой канал первой плюсневой кости  
**Fig. 3.** Intramedullary guide inserted into the medullary canal of the first metatarsal bone

По данным рентгенограмм с нагрузкой, выполненных через 6 мес. после операции, костная мозоль полностью сформирована. Первый межплюсневый угол равен  $3^\circ$ , угол вальгусного отклонения первого пальца —  $7^\circ$  (рис. 4). Пациентка вела привычный образ жизни.



**Рис. 4.** Результат через 6 мес. после операции:  
а — внешний вид стопы;  
б — рентгенограмма стопы с нагрузкой в прямой проекции: костная мозоль полностью сформирована

**Fig. 4.** Six months after surgery:  
a — general view of the foot;  
b — stress X-ray in AP view: completed bone callus formation

## ОБСУЖДЕНИЕ

Малоинвазивная хирургия является одним из наиболее передовых направлений травматологии и ортопедии. Многие авторы занимались вопросами снижения травматичности операций при приобретенных деформациях переднего отдела стопы [7, 8, 9]. Малоинвазивные корригирующие остеотомии являются технически более сложными по сравнению с открытыми, однако имеют ряд преимуществ. Благодаря этому уже более 30 лет ортопеды во всем мире в своей клинической практике применяют различные варианты этих малотравматичных оперативных вмешательств [1].

Малоинвазивные корригирующие вмешательства третьего поколения предполагают фиксацию фрагментов первой плюсневой кости с помощью винтов [7, 9]. Основываясь на собственном опыте хирургического лечения пациентов с НУ, мы считаем, что такая фиксация позволяет начать активную реабилитацию с первого дня после операции. Однако для оценки влияния применяемого нами протокола реабилитации на функциональные результаты и на удовлетворенность пациентов лечением мы в дальнейшем планируем провести сравнительные исследования.

L. Ji с соавторами в метаанализе, выполненном в 2022 г., пришли к выводу, что малоинвазивные вмешательства при лечении НУ оказались более эффективными, чем открытые. Об этом свидетельствуют лучшие клинические и рентгенологические (степень коррекции первого межплюсневой угла и угла вальгусного отклонения первого пальца) результаты малоинвазивных операций. Также авторы отмечают, что длительность малоинвазивных вмешательств статистически значимо меньше открытых операций, при этом более выражен косметический эффект, меньше время реабилитации после операции и выше удовлетворенность пациентов лечением. Стоит добавить, что в данный метаанализ были включены публикации 2021 г. [6]. Эти выводы подтверждают факт успеш-

ного непрерывного развития малоинвазивных методик лечения НУ.

Помимо совершенствования хирургической техники, хирурги и исследователи сосредоточили свое внимание на разработке инструментов, упрощающих малоинвазивные корригирующие вмешательства и способствующих сокращению их длительности. В основном для фиксации фрагментов первой плюсневой кости после остеотомии применяются спицы, винты или канюлированные винты [7]. С учетом малоинвазивной техники хирургического вмешательства их установка без вспомогательных направляющих инструментов технически сложна.

Среди предложенных изобретений встречаются устройства, позволяющие минимизировать возможность ошибки оперирующего хирурга при выполнении малоинвазивных корригирующих остеотомий при НУ [15, 16, 17]. Применение разработанного нами направителя также позволяет снизить вероятность некорректного позиционирования фиксирующих винтов за счет упрощения установки направляющих спиц. Как следствие, это приводит к сокращению длительности операции. Помимо этого, применение направителя снижает травматичность вмешательства за счет уменьшения количества попыток корректного проведения направляющих спиц. Это приводит к снижению лучевой нагрузки на пациента и оперирующего хирурга, так как сокращается время работы электронно-оптического преобразователя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение разработанного нами устройства при малоинвазивных хирургических вмешательствах по поводу вальгусной деформации первого пальца стопы обеспечивает точную ориентацию направляющей спицы для канюлированного винта и позволяет добиться надежной фиксации фрагментов первой плюсневой кости в положении коррекции.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### *Заявленный вклад авторов*

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

## DISCLAIMERS

### *Author contribution*

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Клиническое применение предложенного устройства одобрено локальным этическим комитетом ГБУ «Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», протокол № 12-3 от 13.12.2022.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных и изображений.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Clinical application of the proposed guide tool has been approved by the local Ethics Review Committee of St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, protocol No 12-3, 13.12.2022.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Jeyaseelan L., Malagelada F. Minimally Invasive Hallux Valgus Surgery - A Systematic Review and Assessment of State of the Art. *Foot Ankle Clin.* 2020;25(3):345-359. doi: 10.1016/j.fcl.2020.05.001.
- Smyth N.A., Aiyer A.A. Introduction: Why Are There so Many Different Surgeries for Hallux Valgus? *Foot Ankle Clin.* 2018;23(2):171-182. doi: 10.1016/j.fcl.2018.01.001.
- Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Олейник А.В., Майоров Б.А. Современные взгляды на хирургическое лечение hallux valgus. *Современные проблемы науки и образования.* 2021;(6):180. doi: 10.17513/spno.31199. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31199>.
- Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Oleynik A.V., Mayorov B.A. Modern Views on Surgical Treatment of Hallux Valgus. *Modern Problems of Science and Education.* 2021;(6):180. doi: 10.17513/spno.31199. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31199>.
- Мурсалов А.К., Дзюба А.М., Шайкевич А.В., Эседов Г.И. Пронация первой плюсневой кости при hallux valgus: обзор литературы. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2022;1(47):76-80. doi: 10.17238/2226-2016-2022-1-76-80.
- Mursalov A.K., Dzyuba A.M., Shaikевич A.V., Esedov G.I. First metatarsal pronation in hallux valgus deformity: literature review. Department of Traumatology and Orthopedics. 2022;1(47):76-80. doi: 10.17238/2226-2016-2022-1-76-80.
- Усольцев И.В., Леонова С.Н. Проблемы диагностики и хирургического лечения вальгусного отклонения первого пальца стопы (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica.* 2017;6(118):69-75. doi: 10.12737/article\_5a0a869e6b7f52.08755802.
- Usoltsev I.V., Leonova S.N. Problems of Diagnostics and Surgical Treatment of Hallux Valgus (literature review). *Acta Biomedica Scientifica.* 2017;6(118):69-75. doi: 10.12737/article\_5a0a869e6b7f52.08755802.
- Ji L., Wang K., Ding S., Sun C., Sun S., Zhang M. Minimally Invasive vs. Open Surgery for Hallux Valgus: A Meta-Analysis. *Front. Surg.* 2022;9:843410. doi: 10.3389/fsurg.2022.843410.
- Singh M.S., Khurana A., Kapoor D., Katekar S., Kumar A., Vishwakarma G. Minimally invasive vs open distal metatarsal osteotomy for hallux valgus - A systematic review and meta-analysis. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(3):348-356. doi: 10.1016/j.jcot.2020.04.016.
- Bia A., Guerra-Pinto F., Pereira B.S., Corte-Real N., Oliva X.M. Percutaneous Osteotomies in Hallux Valgus: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(1):123-130. doi: 10.1053/j.jfas.2017.06.027.
- Holme T.J., Sivaloganathan S.S., Patel B., Kunasingam K. Third-Generation Minimally Invasive Chevron Akin Osteotomy for Hallux Valgus. *Foot Ankle Int.* 2020;41(1):50-56. doi: 10.1177/1071100719874360.
- Lu J., Zhao H., Liang X., Ma Q. Comparison of Minimally Invasive and Traditionally Open Surgeries in Correction of Hallux Valgus: A Meta-Analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2020;59(4):801-806. doi: 10.1053/j.jfas.2019.03.021.
- Radwan Y.A., Mansour A.M. Percutaneous Distal Metatarsal Osteotomy Versus Distal Chevron Osteotomy for Correction of Mild-To-Moderate Hallux Valgus Deformity. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132(11):1539-1546. doi: 10.1007/s00402-012-1585-5.
- Kaufmann G., Dammerer D., Heyenbrock F., Braitto M., Moertlbauer L., Liebensteiner M. Minimally Invasive Versus Open Chevron Osteotomy for Hallux Valgus Correction: A Randomized Controlled Trial. *Int Orthop.* 2019;43(2):343-350. doi: 10.1007/s00264-018-4006-8.
- Malagelada F., Sahirad C., Dalmau-Pastor M., Vega J., Bhumbra R., Manzanares-Céspedes M.C. et al. Minimally Invasive Surgery for Hallux Valgus: A Systematic Review of Current Surgical Techniques. *Int Orthop.* 2019;43(3):625-637. doi: 10.1007/s00264-018-4138-x.
- Galois L. History of Surgical Treatments for Hallux Valgus. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(8):1633-1639. doi: 10.1007/s00590-018-2235-6.
- Korman Z., White J., inventors; Wright Medical Technology, Inc., assignee. Targeting Guide and Associated Method. International Patent WO 2021/201916 A1. Publication Date 07.10.2021. Available from: <https://patents.justia.com/patent/20230055767>.
- Marinozzi A., Martinelli N., Ronconi P., Cancilleri F., Papalia R., Denaro V. A New Device for Performing Triplanar Distal Osteotomy for Hallux Valgus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2009;99(6):536-540. doi: 10.7547/0990536.
- Савинцев А.М., Бойко А.А. Заявитель и патентообладатель: ООО «ЛВМ АТ Медицина». Устройство для персонифицированного лечения вальгусной деформации первого пальца стопы и способ его использования. Патент 2741198 C1 РФ. Опубл. 22.01.2021.
- Savintsev A.M., Boiko A.A., inventors; LVM AT MEDITSINA, assignee. Device for personalized treatment of valgus deformity of the first toe and method of its use. Patent 2741198 C1 RU. Publication Date 22.01.2021.

**Сведения об авторах**

✉ *Беленький Игорь Григорьевич* — д-р мед. наук

Адрес: Россия, 192242, г. Санкт-Петербург,  
Будапештская ул., д. 3

<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

*Олейник Алексей Владиславович*

<https://orcid.org/0000-0003-2748-0588>

e-mail: oleynik77@gmail.com

*Сергеев Геннадий Дмитриевич* — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

e-mail: gdsergeev@gmail.com

*Кочиш Александр Юрьевич* — д-р мед. наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0002-2466-7120>

e-mail: auk1959@mail.ru

*Разумова Ксения Владимировна*

<https://orcid.org/0009-0004-4436-4356>

e-mail: ksukeks@yandex.ru

*Биназаров Артур Еркенович*

<https://orcid.org/0009-0006-3690-672X>

e-mail: crazytrain.90@mail.ru

*Майоров Борис Александрович* — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

e-mail: bmayorov@mail.ru

**Authors' information**

✉ *Igor G. Belenkiy* — Dr. Sci. (Med.)

Address: 3, Budapeshtskaya str., St. Petersburg, 192242,  
Russia

<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

*Aleksei V. Oleinik*

<https://orcid.org/0000-0003-2748-0588>

e-mail: oleynik77@gmail.com

*Gennadii D. Sergeev* — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

e-mail: gdsergeev@gmail.com

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

<https://orcid.org/0000-0002-2466-7120>

e-mail: auk1959@mail.ru

*Kseniya V. Razumova*

<https://orcid.org/0009-0004-4436-4356>

e-mail: ksukeks@yandex.ru

*Artur E. Binazarov*

<https://orcid.org/0009-0006-3690-672X>

e-mail: crazytrain.90@mail.ru

*Boris A. Maiorov* — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

e-mail: bmayorov@mail.ru



## Эндопротезирование коленного сустава в клинической практике: анализ 36 350 наблюдений из регистра НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена

П.М. Преображенский<sup>1</sup>, А.С. Филь<sup>1</sup>, Н.Н. Корнилов<sup>1</sup>, А.Н. Пантелеев<sup>1</sup>, М.С. Гуцаев<sup>1</sup>,  
А.В. Каземирский<sup>1</sup>, Т.А. Куляба<sup>1</sup>, А.П. Середа<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов  
медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** На сегодняшний день регистр эндопротезирования коленного сустава НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена (далее — Центр) содержит клинические и статистические данные о более чем 39 000 вмешательствах, что позволяет оценивать тенденции развития данного вида хирургической помощи в Российской Федерации.

**Цель исследования** — проанализировать тенденции развития первичного эндопротезирования коленного сустава по данным локального регистра НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена.

**Материал и методы.** Данные получены из регистра НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена за период с 2011 по 2022 г. Сведения по эндопротезированию коленного сустава включали эпидемиологические данные, виды артропластики, типы используемых компонентов эндопротезов и степень их связанности, информацию о протезировании суставной поверхности надколенника, одномышечковом и ревизионном эндопротезировании коленного сустава.

**Результаты и обсуждение.** С 2011 по 2022 г. в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена было выполнено 36 350 (92,3%) операций первичной артропластики. Количество выполняемых первичных операций увеличилось с 1678 в 2011 г. до 3924 в 2022 г. Аналогичные тенденции прослеживаются в Австралии и Швеции, где число выполняемых вмешательств выросло на 8,2% и 8% в 2021 г. в сравнении с 2020 г. соответственно. Частота использования надколенникового компонента в Центре составила 2,2% за весь период наблюдений, в Австралии данный показатель вырос с 41% в 2005 г. до 76,1% в 2021 г., в Швейцарии — с 24,4% в 2015 г. до 31,9% в 2020 г. Выявлен статистически значимый рост операций частичной артропластики в Центре с 0,3% в 2011 г., до 4,3% в 2022 г. Одномышечковое эндопротезирование в структуре первичных операций составляет в США 4,2%, в Австралии — 6,9%, в Канаде — 9,2%, в Норвегии — 11,9%, в Швеции — 12,8%, в Швейцарии — 18,4%. Доля использования эндопротезов с сохранением задней крестообразной связки в Центре составила 68,3%, в Норвегии — 70,5%, в Новой Зеландии — 75%, в Швеции — 93,5%, в США — 46,5%. Общий койко-день в НМИЦ ТО снизился с 19,6 в 2011 г. до 8,6 в 2022 г. В Канаде средний койко-день составляет 2,3 (тотальная артропластика), в США — 0,8 и 1,7 для частичной и тотальной артропластики соответственно.

**Заключение.** Анализ данных регистра эндопротезирования коленного сустава НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена позволил выявить тренд к увеличению количества выполняемых первичных и ревизионных операций. Значительно снизилась длительность стационарного лечения после первичного эндопротезирования. Первичное ЭП КС наиболее часто выполняется женщинам пожилого возраста. В абсолютном большинстве случаев причиной выполнения операции является идиопатический остеоартроз. Замена суставной поверхности надколенника выполняется менее чем в 4% случаев, однако выявлен статистически значимый рост частоты частичной артропластики. Наиболее часто используются эндопротезы без замещения задней крестообразной связки. По данным регистра, выявлены четкие тренды к уменьшению интраоперационной кровопотери и длительности оперативного вмешательства.

**Ключевые слова:** локальный регистр эндопротезирования коленного сустава, эндопротезирование коленного сустава, одномышечковое эндопротезирование.

**Для цитирования:** Преображенский П.М., Филь А.С., Корнилов Н.Н., Пантелеев А.Н., Гуцаев М.С., Каземирский А.В., Куляба Т.А., Середа А.П. Эндопротезирование коленного сустава в клинической практике: анализ 36 350 наблюдений из регистра НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):73-85. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-9349>.

✉ Преображенский Петр Михайлович; e-mail: [Pedrro@yandex.ru](mailto:Pedrro@yandex.ru)

Рукопись получена: 01.05.2023. Рукопись одобрена: 29.08.2023. Статья опубликована онлайн: 11.09.2023.

© Преображенский П.М., Филь А.С., Корнилов Н.Н., Пантелеев А.Н., Гуцаев М.С., Каземирский А.В., Куляба Т.А., Середа А.П., 2023

## Current State of Knee Arthroplasty in Russia: Analysis of 36,350 Cases from the Register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics

Petr M. Preobrazhensky<sup>1</sup>, Alexey S. Fil<sup>1</sup>, Nikolai N. Kornilov<sup>1</sup>, Alexander N. Pantelev<sup>1</sup>, Maksim S. Guatsaev<sup>1</sup>, Alexander V. Kazemirsky<sup>1</sup>, Taras A. Kulyaba<sup>1</sup>, Andrey P. Sereda<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Academy of Postgraduate Education of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** Nowadays the knee arthroplasty register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (hereinafter referred to as the Vreden Center) contains clinical and statistical data on more than 39,000 primary and revision knee replacements, that mimics current state of this kind of surgery in Russia.

**Aim of the study** – to analyze the last decade trends in primary knee arthroplasty in largest Russian arthroplasty center.

**Methods.** Data were obtained from the register of the Vreden Center for the period from 2011 to 2022. Information on knee arthroplasty included epidemiologic and numerous peri-operative data including type of surgery and implant, degree of constrain, primary patella resurfacing etc.

**Results and discussion.** From 2011 to 2022, 36,350 (92.3%) primary arthroplasties performed at the Vreden Center. The number of interventions increased more than twice: from 1,678 in 2011 to 3,924 in 2022. Similar trends observed in Australia and Sweden, where the number of knee arthroplasties increased by 8.2% and 8% in 2021 compared to 2020, respectively. The frequency of primary patellar resurfacing at the Vreden Center was 2.2% over the entire period of observation. On the contrary, the rate of patella replacement increased from 41% in 2005 to 76.1% in 2021 in Australia and from 24.4% in 2015 to 31.9% in 2020 in Switzerland. The partial knee arthroplasty showed enormous growth – more than 14 times: from 0.3% in 2011 to 4.3% in 2022 at the Vreden Center. Worldwide unicompartmental knee replacement is still less popular than total and its number widely varies: 4.2% in the USA, 6.9% in Australia, 9.2% in Canada, 11.9% in Norway, 12.8% in Sweden, and 18.4% in Switzerland. Posterior cruciate ligament (PCL) retaining total knee arthroplasties (TKA) prevailed at the Vreden Center: 68.3%, while in other countries it utilize even more widely: 70.5% in Norway, 75% in New Zealand and 93.5% in Sweden.

The total length of hospital stay (LOS) decreased dramatically from 19.6 in 2011 to 8.6 in 2022 at the Vreden Center. Nevertheless, there are still opportunities to improve it: by the way in Canada the average LOS for TKA is 2.3 and the USA – 0.8 and 1.7 for partial and total arthroplasty, respectively.

**Conclusion.** The main current trends of knee arthroplasty in Russia are the following: increase the number of surgeries, reduced LOS, TKA without patella resurfacing and with PCL retention, finally the growth of partial knee arthroplasties.

**Keywords:** knee, arthroplasty register, total knee replacemet, partial knee arthroplasty.

**Cite as:** Preobrazhensky P.M., Fil A.S., Kornilov N.N., Pantelev A.N., Guatsaev M.S., Kazemirsky A.V., Kulyaba T.A., Sereda A.P. Current State of Knee Arthroplasty in Russia: Analysis of 36,350 Cases from the Register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):73-85. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-9349>.

✉ Petr M. Preobrazhensky; e-mail: Pedro@yandex.ru

Submitted: 01.05.2023. Accepted: 29.08.2023. Published online: 11.09.2023.

© Preobrazhensky P.M., Fil A.S., Kornilov N.N., Pantelev A.N., Guatsaev M.S., Kazemirsky A.V., Kulyaba T.A., Sereda A.P., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Сбор данных и их систематизация являются неотъемлемым инструментом совершенствования лечебной деятельности в любой отрасли медицины, в том числе в травматологии и ортопедии. Местные, региональные и национальные регистры сыграли важную роль в развитии эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов. Так, регистр артропластики клиники Мейо, созданный в 1969 г. Марком Ковентри и являющийся старейшим из действующих, наряду с регистром артропластики Харриса в Массачусетской больнице общего профиля внесли важный вклад в развитие технологий эндопротезирования путем выявления неэффективных имплантатов и методов лечения в США. Шведский регистр эндопротезирования коленного сустава (ЭП КС) является старейшим национальным регистром в мире в данной области, успешно функционируя с 1975 г. [1]. Все перечисленные информационные системы создали механизмы анализа и отчетности, которые позволили другим странам впоследствии разработать и внедрить свои собственные национальные регистры.

Эндопротезирование крупных суставов нижних конечностей стало широко выполняться в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (далее — Центр) с 1991 г. после создания Республиканского центра эндопротезирования, а в XXI в. произошел экспоненциальный рост числа ежегодно выполняемых операций по замене суставов. Накопление клинического материала побудило создать соответствующие регистры эндопротезирования (тазобедренного и коленного суставов) с целью анализа поступающих огромных массивов данных. Первоначально созданный регистр эндопротезирования тазобедренного сустава велся на бумажных носителях, однако с 2011 г. была запущена электронная версия [2].

Постоянно совершенствовались как содержательная, так и техническая части регистра ЭП КС. Для уменьшения времени заполнения и минимизации ввода ошибочных данных в 2021 г. был реализован их автоматический импорт в регистр из медицинской информационной системы «Медиалог». Новые тенденции в ортопедии, такие как оценка результатов лечения с использованием балльных систем оценки функции КС, заполняемых пациентами, появление новых технологий и имплантатов, потребовали обновления отдельных разделов регистра. Были добавлены такие дополнительные параметры, как анкета пациента, данные Оксфордского опросника оценки функции КС (Oxford Knee Score — OKS) в модификации Центра [3]. Дополнения также затронули такие интраоперационные особенности, как доступ, тип первично-

го и ревизионного эндопротезирования, причины ревизионного эндопротезирования, описание синовиальной оболочки, дополнительные манипуляции, импорт имплантатов из протокола операции (размеры, аугменты, использование роботизированных технологий, индивидуальных резекторных блоков).

На сегодняшний день регистр эндопротезирования Центра содержит клинические и статистические данные о более чем 39 000 выполненных в Российской Федерации операций ЭП КС, что позволяет оценивать его тенденции не только в отдельном лечебном учреждении, но и в стране в целом.

*Цель исследования* — проанализировать тенденции развития первичного эндопротезирования коленного сустава по данным локального регистра в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена за период с 2011 по 2022 г.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

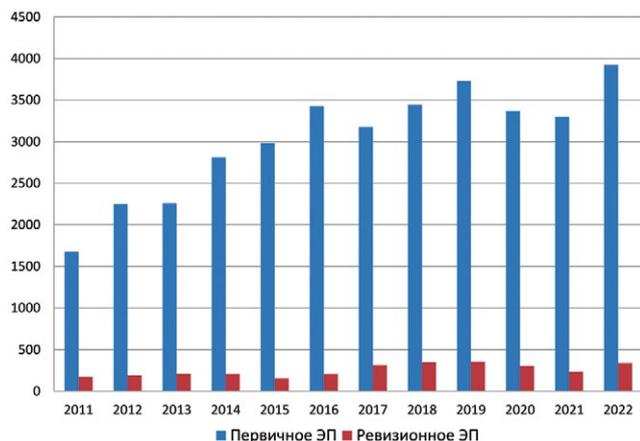
Из регистра Центра были взяты следующие данные: эпидемиология, вид эндопротезирования, тип используемых компонентов эндопротезов и степень их связанности, информация о протезировании суставной поверхности надколенника, одномышечковом и ревизионном эндопротезировании коленного сустава.

## Статистический анализ

Полученные в процессе выполнения работы данные анализировали с использованием программы STATISTICA 10 (StatSoft). Сопоставление частотных характеристик (пол, тип ППИ, коморбидность, тип спейсера и исход) качественных показателей проводили с помощью непараметрических методов  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  Пирсона, критерия Фишера. Сравнение количественных параметров (возраст, длительность стационарного лечения, длительность операции и объем кровопотери) в исследуемых группах осуществляли с использованием критерия Манна–Уитни. Различия между группами считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ) и стандартного квадратичного отклонения (SD).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Начиная с 2011 г. произошел двухкратный рост операций первичного и ревизионного ЭП КС. В 2022 г. выполнено наибольшее число операций — 4263, при этом соотношение первичных (92%) и ревизионных (8%) вмешательств в последние годы остается практически неизменным (рис. 1).



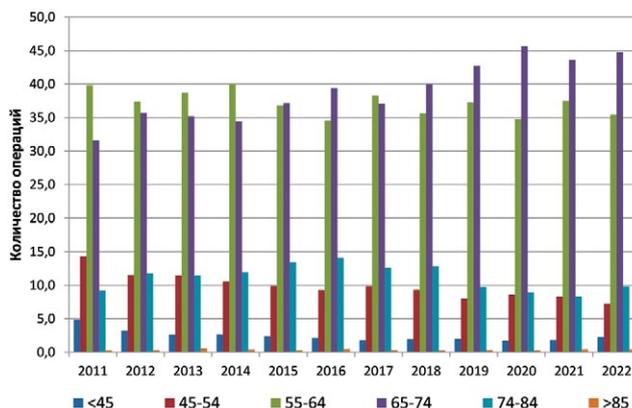
**Рис. 1.** Соотношение числа выполненных первичных и ревизионных операций эндопротезирования коленного сустава в 2011–2022 г.

**Fig. 1.** Ratio of the number of primary knee arthroplasties to revision arthroplasties performed in 2011–2022

Возраст пациентов, которым было выполнено первичное ЭП КС, находился в интервале от 18 до 92 лет, эта же закономерность прослеживалась и в период с 2011 по 2021 г. (рис. 2). Возраст самого молодого пациента, прооперированного в 2022 г., составил 25 лет, самого пожилого — 89 лет (средний возраст — 64,8). Все показатели не имеют статистически значимых различий за весь период работы регистра Центра (табл. 1).

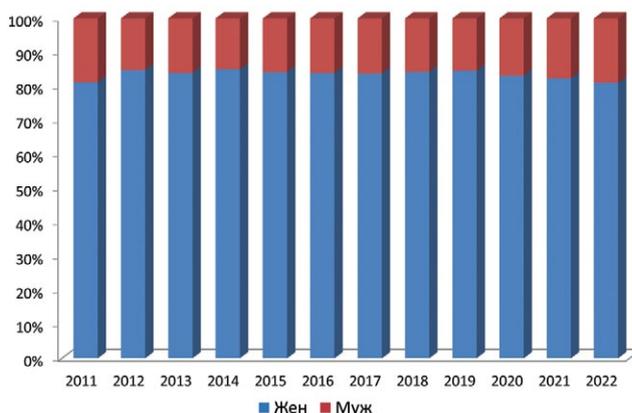
Традиционно ЭП КС чаще выполняется женщинам, что отражается и в данных регистра Центра (рис. 3).

По данным X. Yang с соавторами, за последние 25 лет количество людей на планете с ожирением (ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>) удвоилось и приблизилось к 500 млн [4]. Такая же закономерность установлена и по данным регистра Центра. Но хотя доля пациентов с ИМТ 30,0–39,9 и более 40 в последние 10 лет неуклонно увеличивалась, в 2022 г. доля этих двух групп пациентов несколько снизилась: с 58,3% и 12,0% в 2020 г. до 57,2% и 11,1% в 2022 г. (рис. 4).



**Рис. 2.** Возрастные категории пациентов при первичном эндопротезировании в 2011–2022 г.

**Fig. 2.** Age groups of patients for primary arthroplasty in 2011–2022



**Рис. 3.** Гендерный состав пациентов, которым было выполнено первичное эндопротезирование коленного сустава

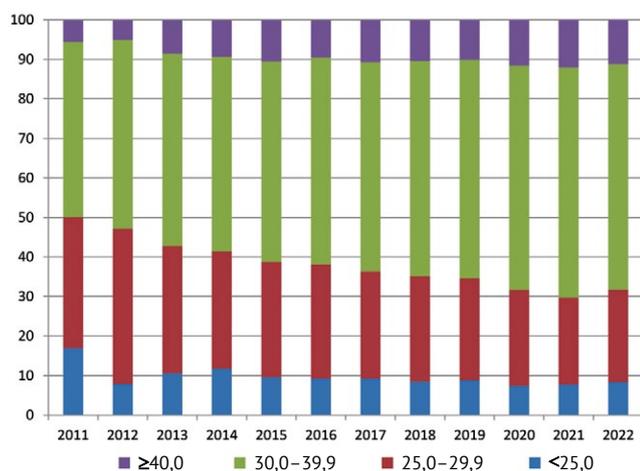
**Fig. 3.** Gender of patients who underwent primary knee arthroplasty

Таблица 1

**Статистические показатели возрастных характеристик пациентов, которым выполнялось первичное эндопротезирование в НИИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в 2011–2022 гг., лет**

Стат. показатель	Год											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Min	21	19	19	19	22	19	18	23	21	22	18	25
Max	89	88	91	92	92	89	88	91	88	89	95	89
M	61,68	63,23	63,5	63,64	63,3	64,5	64,03	64,56	64,3	64,7	64	64,8
SD	10,98	10,01	10,1	9,36	9,4	9,4	9,06	8,96	9,5	8,7	8,4	8,4

SD — стандартное отклонение.



**Рис. 4.** Распределение пациентов, перенесших первичное эндопротезирование коленного сустава, по индексу массы тела

**Fig. 4.** Distribution of patients after primary knee arthroplasty by body mass index

Модернизация регистра в 2021 г. позволила получать более детальные данные и сделала статистический анализ более простым. В силу технических особенностей затруднительно выполнить сравнение ИМТ у пациентов, которые были прооперированы до 2021 г. Поэтому мы приводим результаты сравнения ИМТ у пациентов, которым было выполнено первичное тотальное, первичное одномыщелковое и ревизионное ЭП КС в 2021–2022 гг. (табл. 2).

Анализ показал, что ИМТ не отличался между группами пациентов с первичным тотальным и первичным одномыщелковым эндопротезированием, а также между группами ревизионного и первичного одномыщелкового эндопротезирования. Однако в группе первичного тотального эндопротезирования ИМТ оказался статистически значимо большим, чем при ревизионном протези-

ровании. Этот результат вызывает некоторое удивление, так как традиционно считается, что высокий ИМТ является фактором риска разнообразных осложнений. Этот факт заслуживает отдельного анализа, выходящего за рамки этой работы.

Регистр Центра позволяет получить подробную информацию о наличии у пациента сопутствующей патологии, которая в дальнейшем может быть использована для анализа причин различных осложнений, возникающих после первичного и ревизионного ЭП КС. К наиболее часто встречающейся патологии относятся заболевания желудочно-кишечного тракта — 3280 пациентов (83,6%), сердечно-сосудистой системы — 3207 (81,7%), эндокринная патология — 1051 (26,8%).

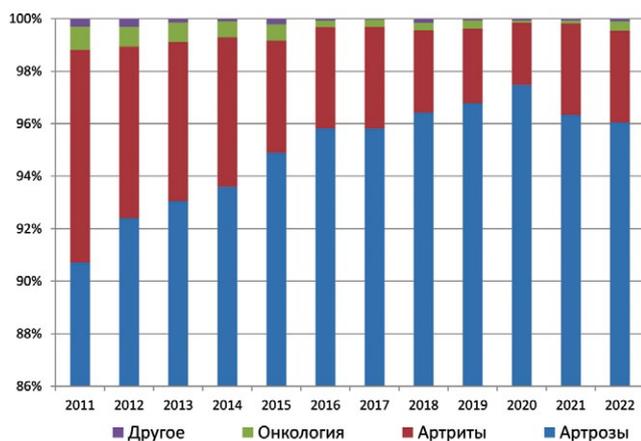
Наиболее частой причиной первичного ЭП КС, по данным регистра Центра, остается остеоартроз различной этиологии (идиопатический, посттравматический, вторичный) — 96% в структуре всех причин в 2022 г. Этот показатель остается стабильным начиная с 2015 г., когда стала постепенно снижаться доля воспалительных артритов. С 2011 г. число пациентов с системными заболеваниями, которым проводится эндопротезирование, значительно снизилось, что отражает успехи отечественных ревматологов в совершенствовании алгоритмов ранней диагностики и неоперативного лечения данной категории больных (рис. 5).

В первые три года работы регистра эндопротезирования продолжительность операции чаще всего составляла от 90 до 180 мин. (70–73% всех первичных вмешательств). Начиная с 2014 г., по мере накопления хирургами опыта, совершенствования хирургической техники и тактики периоперационного ведения пациентов доля операций длительностью менее 90 мин. стала неуклонно расти и в 2022 г. достигла 81,7%. В последние три года первичные операции ЭП КС продолжительностью более 180 мин. составляют не более 0,5% (рис. 6).

Таблица 2

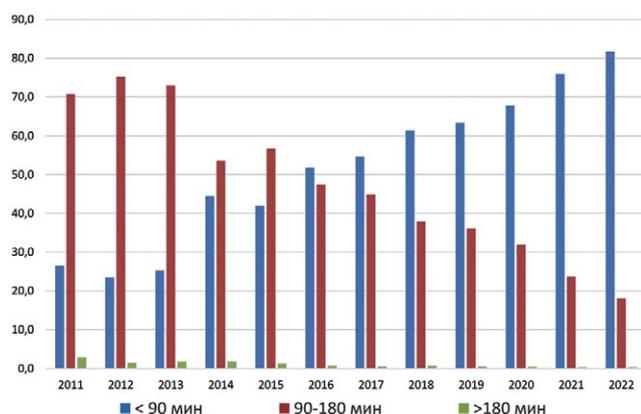
**Сравнительный анализ средних значений ИМТ у пациентов, которым было выполнено первичное тотальное, первичное одномыщелковое и ревизионное эндопротезирование коленного сустава в 2021–2022 гг.**

Группы сравнения (1 vs 2)	M		SD		p
	Гр 1	Гр 2	Гр 1	Гр 2	
Первичное тотальное (Гр 1; n = 6511) vs первичное одномыщелковое (Гр 2; n = 326)	33,2	32,3	10,5	9,1	0,11
Первичное тотальное (Гр 1; n = 6511) vs ревизионное (Гр 2; n = 275)	33,2	31,3	10,5	6,4	0,003
Ревизионное (Гр 1; n = 275) vs первичное одномыщелковое (Гр 2; n = 326)	31,3	32,3	6,4	9,1	0,15



**Рис. 5.** Структура исходной патологии, послужившей причиной первичного эндопротезирования коленного сустава, %

**Fig. 5.** Structure of initial pathology that led to primary knee arthroplasty, %



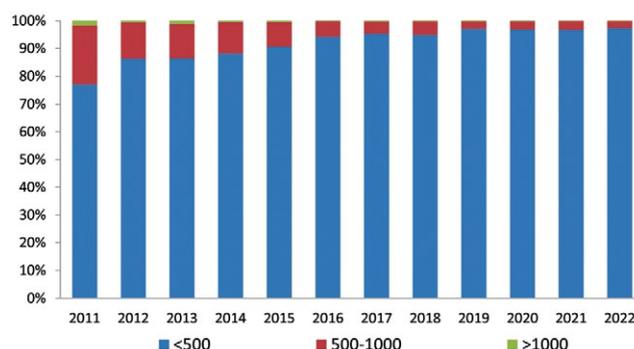
**Рис. 6.** Продолжительность операций первичного эндопротезирования коленного сустава, мин.

**Fig. 6.** Surgery duration of primary knee arthroplasty, min

Периоперационное применение ингибиторов фибринолиза, использование управляемой гипотонии, а также снижение времени оперативного вмешательства привело к тому, что в 2022 г. в подавляющем большинстве случаев (97,3%) объем интраоперационной кровопотери составил менее 500 мл. В 2011 г. у более чем 21,2% пациентов объем интраоперационной кровопотери колебался в интервале 500–1000 мл, однако к 2014 г. этот показатель снизился в 4 раза (рис. 7).

Методика первичного ЭП КС с сохранением суставной поверхности надколенника, по данным регистра Центра, была приоритетной за весь период наблюдений. В 2019 г. наблюдался некоторый спад, по всей видимости, обусловленный ростом популярности одномыщелкового эндопротезирования с 0,3% в 2011 г. до 6,4% в 2019 г. К 2022 г. доля этого

вида эндопротезирования достигла 94,5% уже за счет снижения доли эндопротезирования с замещением суставной поверхности надколенника — с 2,8% в 2019 г. до 1,2% в 2022 г. (рис. 8).



**Рис. 7.** Структура интраоперационной кровопотери при первичном эндопротезировании коленного сустава, %

**Fig. 7.** Intraoperative blood loss during primary knee arthroplasty, %



**Рис. 8.** Варианты первичного эндопротезирования коленного сустава

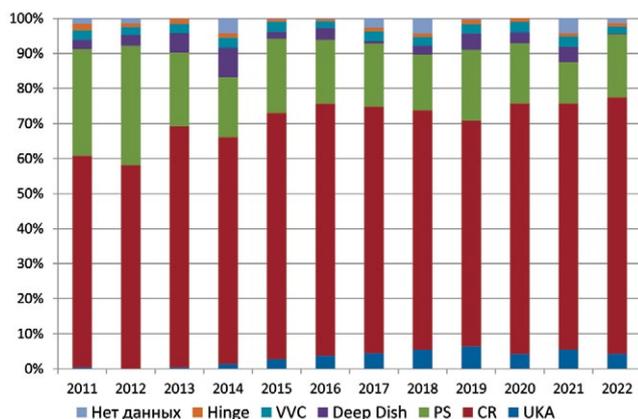
**Fig. 8.** Types of primary knee arthroplasty

Эндопротезы с сохранением задней крестообразной связки (ЗКС) традиционно являются наиболее часто имплантируемыми в Центре, их доля превышает 70% начиная с 2016 г. После незначительного спада в 2018–2019 гг. доля имплантации таких конструкций вновь начала расти, достигнув к 2022 г. 73,2%. Этот факт может быть связан с освоением методики ЭП КС начинающими специалистами, учитывая технические сложности сохранения ЗКС в некоторых клинических ситуациях. Сейчас частота имплантации задне-стабилизированных конструкций находится на минимальном уровне за последние 7 лет (18,1%). При этом в предыдущие годы дефицит ЗКС хирурги могли компенсировать путем имплантации эндопротезов с ультраконгруэнтным вкладышем, в настоящий момент практически отсутствующих

в клинике. Доля полусвязанных и шарнирных конструкций при первичном ЭП КС находится на стабильном уровне с 2011 г., составляя в 2022 г. 2,0% и 1,0% соответственно (рис. 9).

Наиболее часто на протяжении последних 8 лет устанавливается протез Zimmer Biomet NexGen®, далее следует Zimmer Biomet AGC со значимым ростом доли имплантаций по сравнению

с 2021 г. Третье место делят Johnson & Johnson DePuy и Synthes SIGMA™ Knee System с такой же динамикой роста имплантаций, как и AGC по сравнению с предыдущим годом, а также Smith&Nephew Anthem с прогрессирующей долей начиная с 2017 г. Что же касается одномыщелкового ЭП КС, популярность которого отображает частота имплантации системы Zimmer Biomet Oxford® Partial Knee, то при планомерном увеличении доли установок с 2011 по 2019 г. с 0,4% до 5,9% далее последовал некоторый спад, и в 2022 г. этот показатель составлял 3,9%, как и в 2017 г. (табл. 3).



**Рис. 9.** Распределение различных моделей первичных эндопротезов коленного сустава по степени связанности, %

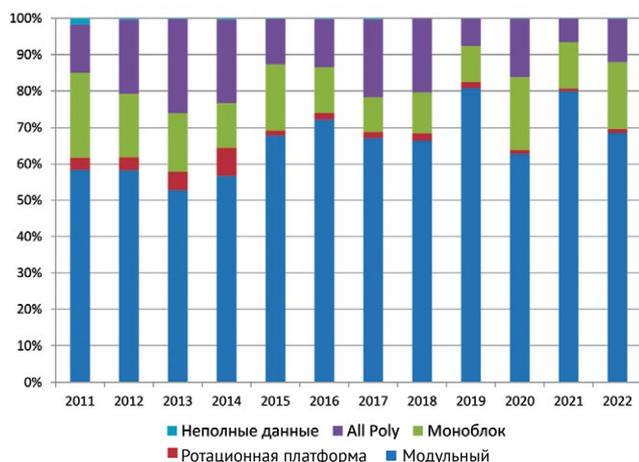
**Fig. 9.** Distribution of different models of primary knee prostheses by the constrain type, %

Таблица 3

**Доля использованных моделей эндопротезов коленного сустава при первичном эндопротезировании в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в 2011–2022 гг., %**

Модель	Год											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zimmer Biomet NexGen	26,4	24,5	28,6	28,5	36,0	37,1	36,9	31,9	29,9	25,9	27,6	23,1
Zimmer Biomet Persona	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1
J&J DePuy Synthes PFC Sigma	41,7	42,3	35,2	27,3	9,5	17,9	20,8	14,6	14,0	17,5	10,9	15,1
Zimmer Biomet AGC	23,8	17,7	16,5	12,6	18,2	12,4	9,2	10,9	9,2	19,2	11,9	17,6
Zimmer Biomet Vanguard	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,6	1,9	1,6	2,0	1,7	2,5	3,8
Aesculap Columbus	3,9	10,6	12,3	11,2	12,2	13,1	9,8	7,6	6,4	11,1	9,8	6,2
J&J DePuy Synthes LCS	2,3	2,0	2,9	7,2	0,1	0,7	0,7	0,8	0,3	0,1	0,0	0,0
Zimmer Biomet Oxford	0,4	0,1	0,4	1,2	2,5	3,4	4,0	4,7	5,9	3,7	5,0	3,9
Zimmer Biomet OSS	0,8	0,7	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1
Smith&Nephew Genesis II	0,0	0,0	0,2	3,8	4,3	3,2	2,7	2,6	3,3	2,3	2,6	3,3
Stryker Scorpio NRG	0,0	0,0	0,1	5,4	11,5	8,6	8,4	4,0	3,3	1,9	0,8	0,3
Stryker Triathlon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	8,4	6,4	5,2	8,0	6,8
Smith&Nephew Uni	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,3
Smith&Nephew Anthem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	8,7	12,8	5,5	12,0	15,1
Microport Wright Advance	0	0	0	0	0	0	0	1,8	4,3	3,0	2,0	0,2
Maxx Orthopedics Freedom	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,2	1,3	2,2	2,3
Другое	0,7	2,8	4,2	3,6	4,0	0,9	0,7	0,9	1,3	2,0	6,2	4,2
Всего	100,0	100,0	96,9	100,0	97,8	99,6	100,0	99,6	100,0	100,0	100,0	98,2

Имплантация модульных большеберцовых компонентов является приоритетной, что доказывают данные регистра за весь период наблюдений — их доля в 2022 г. составила 65,9%. Также прослеживается тренд к сохранению популярности моноблоковых большеберцовых компонентов, причем как металлических, так и полностью полиэтиленовых (All Poly). Клиническая и экономическая рациональность применения такого типа конструкций подтверждается данными мета-анализов и клинических исследований, сообщающих о по меньшей мере сопоставимой, а зачастую и лучшей выживаемости такого типа компонентов по сравнению с модульными большеберцовыми, в том числе среди пациентов средних возрастных групп [5, 6, 7]. Испытав спад в 2019 и в 2021 гг., доля моноблоковых большеберцовых компонентов приблизилась в 2022 г. к 30%, что сопоставимо с аналогичными показателями в остальные годы работы регистра (рис. 10).



**Рис. 10.** Структура типов имплантируемых большеберцовых компонентов эндопротезов при первичном эндопротезировании коленного сустава

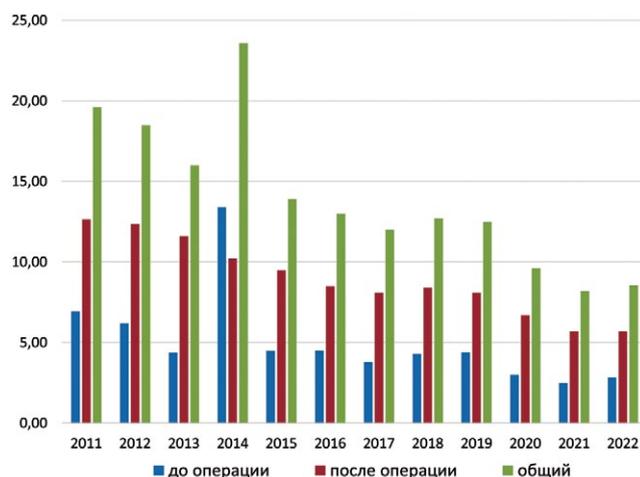
**Fig. 10.** Structure of types of implanted tibial prosthetic components in primary knee arthroplasty

Благодаря автоматическому внесению в базу регистра Центра каждого имплантированного компонента эндопротеза есть возможность косвенно судить о доле пациентов с выраженными деформациями ( $>20^\circ$ ), относящимися к сложным случаям первичного эндопротезирования [8].

В 2022 г. у 70 (1,8%) пациентов при первичном ЭП КС использовался один модульный металлический блок, который в подавляющем большинстве случаев применялся для компенсации остаточного костного дефекта медиального или латерального мыщелка большеберцовой кости глубиной более 1 см или занимающего площадь более 2/3 пораженного мыщелка. Модульные ножки, которыми

дополнялась фиксация при использовании толстых полиэтиленовых вкладышей, модульных блоков, костной аллопластики и неудовлетворительном состоянии костной ткани, были имплантированы в 102 (2,6%) случаях.

Продолжительность общего койко-дня неуклонно снижалась (с 19,6 в 2011 г. до 8,6 в 2022 г.) в основном за счет сокращения послеоперационного пребывания пациентов в клинике. Начиная с 2020 г., после оптимизации алгоритмов плановой госпитализации, прослеживается тенденция к снижению и дооперационного койко-дня — в среднем 2,84 в 2022 г. Исключением является 2014 г., в котором общий койко-день составил 23,6 в связи с капитальным ремонтом операционного блока (рис. 11).



**Рис. 11.** Продолжительность пребывания пациентов в стационаре при первичном ЭП КС, койко-день

**Fig. 11.** Duration of hospital stay in primary knee arthroplasty, bed days

## ОБСУЖДЕНИЕ

Тезис о постоянном увеличении числа выполняемых операций ЭП КС подтверждают данные регистров Австралии (на 8,2% в 2021 г. в сравнении с 2020 г.) и Швеции (на 8% в 2021 г. по сравнению с 2020 г.) [9, 10]. В то же время, по данным регистра Англии и Уэльса, в 2021 г. прироста числа первичных ЭП КС по сравнению с 2020 г. не было [11]. Аналогичный показатель в Центре в 2022 г. по сравнению с предшествующим годом составил 16,1%, что стало возможным благодаря прогрессивному снижению продолжительности пребывания пациентов в стационаре, оптимизации процессов госпитализации (отмена обязательной сдачи лабораторного минимума после поступления пациента, учет амбулаторных лабораторных исследований, осмотр профильными специалистами в день поступления), а также модификации алгоритма периоперационного ведения пациентов.

Доля первичных вмешательств (92,3%) в Центре соответствует аналогичным показателям ряда зарубежных регистров. По данным австралийского (1999–2021), норвежского (1994–2021), канадского (2020–2021) и новозеландского (1999–2021) регистров, этот показатель составляет 92,7%. Данные других регистров также сопоставимы и не имеют значимых различий: США (2012–2020) — 88,6%, Швеция (2021) — 86,3%, Швейцария — 87,4% (2021). В итоге можно сказать, что структура ЭП КС в Центре соответствует общемировым показателям [9, 12, 13, 14, 15, 16].

В гендерной структуре пациентов, которым выполняется ЭП КС в Центре, сохраняется относительный паритет с незначительным преобладанием пациентов женского пола. По данным регистра Англии и Уэльса за 2021 г., доля женщин составила 56,2%, в Австралии — 56,1% в 2021 г., в Новой Зеландии — 51,5% в 2020 г., в Швеции — 55,4% в 2021 г. [9, 10, 11, 13]. Несколько больший разрыв показателей продемонстрировали отчеты норвежского регистра — 61,6%, регистра Швейцарии — 60,3% и Канады — 57% [12, 14, 15].

В регистре артропластики США данные о гендерной структуре представлены с разделением на возрастные категории. Если среди пациентов старшей возрастной группы (>90 лет) разрыв долей был значительным — 64,5%, то в группе молодых пациентов (<50 лет), он не был столь очевидным — 59% [16]. В Центре пациенты мужского пола составляют абсолютное меньшинство — 19,0% (табл. 4). Эти различия может объяснить тяжелый демографический кризис, преследующий многие страны, в том числе и Россию, в последние десятилетия: недостаточная рождаемость, высокая смертность среди мужского населения страны, медленная динамика увеличения средней продолжительности жизни (0,48 лет для мужчин и 0,31 лет для женщин). Дальнейшие прогнозируемые тенденции говорят лишь об усугублении текущей ситуации [17].

Учитывая, что продолжительность жизни в России несколько меньше, о чем говорилось

выше, незначительно отличается и средний возраст пациентов, проходящих лечение в Центре — 64,8 года. В Великобритании этот показатель составляет 70,0 лет; в Швейцарии — 69,5 лет; в Австралии — 68,5; в Швеции — 68,7; в Новой Зеландии — 68,2, в США — 67,0 лет [9, 10, 11, 13, 14, 16]. Одним из факторов, который потенциально может привести к увеличению среднего возраста в момент обращения пациентов для первичного эндопротезирования, является необходимость изменения парадигмы в диагностике гонартроза с акцентом на выявление пациентов с ранней стадией при помощи более чувствительных, чем рентгенография, методов, в частности МРТ, так как в этом случае своевременное начало консервативных методов лечения более эффективно замедляет прогрессирование заболевания\*.

Анализ данных регистра Центра показал, что наиболее частой причиной ЭП КС на протяжении последних 11 лет является гонартроз — 96% в 2022 г. Годовые отчеты иностранных регистров за 2021 г. подтверждают основную роль этой патологии в ЭП КС: 97,4% в регистре Англии и Уэльса; 88,7% — в Швеции, в Австралии — 97,8%; 99,3% — в Канаде [9, 10, 11, 15]. Несколько меньше этот показатель в Новой Зеландии — 94,8%, где, как и в нашем Центре (3,5%), несколько больше по сравнению с другими странами доля ревматоидного артрита — 2,7% [13]. Несколько иначе распределились доли различных патологий в регистре Швейцарии: гонартроз — 88,3%; остеонекроз — 1,4%; артриты — 0,9%; инфекции — 0,2% и остальное — 9,2% [14].

Одним из компонентов зарубежных регистров эндопротезирования является оценка коморбидного фона пациента перед анестезией по классификации Американского общества анестезиологов (ASA). Она не предсказывает периоперационные риски, а является лишь шкалой физического статуса пациента\*\*. При стратификации пациентов на классы по данной шкале учитываются сопутствующие заболевания и вредные привычки, такие как табакокурение и употребление алкоголя, ожире-

Таблица 4

## Гендерное распределение пациентов по данным национальных регистров, %

Пол	Канада	Англия и Уэльс	Австралия	Новая Зеландия	Швеция	Норвегия	Швейцария	Япония	НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена
М	43	43,8	43,9	48,54	44,6	39,4	39,7	19	19
Ж	57	56,2	56,1	51,46	55,4	61,6	60,3	81	81

\* Клинические рекомендации — Гонартроз — 2021-2022-2023 (03.09.2021) — Утверждены Минздравом РФ. Режим доступа: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/667_1).

\*\* ASA Physical Status Classification System, 2020. Available from: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system>.

ние, сахарный диабет, артериальная гипертензия. Однако известно, что целый ряд сопутствующих заболеваний как по отдельности, так и в комбинации могут быть факторами риска инфекционных осложнений после эндопротезирования. С высоким уровнем консенсуса соответствие пациента II и более классу по классификации ASA также было отнесено к факторам риска перипротезной инфекции [18]. Регистр Центра содержит информацию о сопутствующей патологии пациентов, что может быть использовано как для анализа коморбидности, так и для определения потенциального риска развития перипротезной инфекции, что является преимуществом перед зарубежными регистрами ЭП, которые предоставляют информацию исключительно о классе ASA и значении ИМТ.

Частота замещения суставной поверхности надколенника при первичном ЭП КС варьирует в разных странах в связи с различными предпочтениями в имплантации тех или иных систем, ряд из которых по методике требует эндопротезирования надколенника, а также с устоявшейся хирургической практикой. В ряде стран доля ЭП с замещением надколенника значимо растет: с 41% в 2005 г. до 76,1% в 2021 г. в Австралии [9], такая же тенденция отмечается и в Швейцарии — с 2015 по 2020 г. доля вышеупомянутых вмешательств увеличилась с 24,4% до 31,9% соответственно [14]. По данным регистра Центра, эндопротезирование надколенника выполняется в 2,8% случаев, что соответствует тенденциям, отображенным в отчетах регистров Швеции и Норвегии за 2021 г. — 4,7% и 7,6% соответственно [10, 12]. Необходимо помнить, что ЭП надколенника далеко не всегда решает проблему возникновения болевого синдрома в феморо-пателлярном суставе вне зависимости

от имплантируемой модели эндопротеза, поскольку важным фактором является корректное ротационное положение бедренного и большеберцового компонентов, а также сохранение естественного уровня линии сустава.

Неоднозначна позиция ортопедов по отношению к эндопротезам различной степени связанности. В Центре эндопротезы с сохранением ЗКС используются в более чем 70% случаев, что сопоставимо с данными регистров Норвегии и Новой Зеландии — 70,5% и 75% соответственно [12, 13]. При этом данные регистров Швеции и США демонстрируют противоречивые показатели — 93,5% и 46,5% соответственно [10, 16]. Такая разнородная статистика может быть продиктована как национальными трендами в приверженности определенным хирургическим концепциям, так и преимущественным использованием эндопротезов тех или иных фирм-производителей.

Вопреки доказанным преимуществам частичной артропластики над тотальной при поражении одного из компартментов коленного сустава, в мировом ортопедическом сообществе отсутствует консенсус относительно ее использования. По данным зарубежных регистров, одномышечковое ЭП в структуре первичных операций составляет в США 4,2%, в Австралии — 6,9%, в Канаде — 9,2%, в Норвегии — 11,9%, в Швеции — 12,8%, в Швейцарии — 18,4% [9, 10, 12, 14, 15, 16].

В таблице 5 представлена информация о наиболее часто используемых моделях эндопротезов по данным годовых отчетов регистров Австралии, Новой Зеландии, Швеции и НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена: на долю 4 крупнейших производителей приходится более 90% от общего количества эндопротезов [9, 10, 13].

Таблица 5

### Наиболее популярные модели первичных эндопротезов коленного сустава, устанавливаемые в различных странах

Данные регистров			
Австралия	Новая Зеландия	Швеция	НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена
Triathlon CR 36,3%	Triathlon 38,8%	NexGen MBT 53%	NexGen 23,1%
Persona 25,5%	Attune 27,7%	PFC Sigma MBT 16%	AGC 17,6%
Attune CR 9,2%	Persona 16,3%	Triathlon MBT 15,2%	Anthem S&N 15,1%
GMK Sphere Primary 8,1%	Genesis II 3,9%	Persona 5%	PFC Sigma 15,1%
Attune PS 4,9%	Nexgen 3,5%	Genesis II MBT 2%	Triathlon 6,8%
NexGen CR Flex 3,7%	LCS 3,4%	Legion/Genesis II Pri MBT 2%	Columbus 6,2%
Apex Knee CR 3,6%	PFC Sigma 2,4%	NexGen TM 1,6%	Oxford 3,9%
Legion Oxinium CR 3,5%	Sigma 1,7%	PFC Sigma APT 1,5%	Genesis II 3,3%
Legion Oxinium PS 2,7%	Vanguard 1,2%	Persona TM 1,2%	Freedom 2,3%
Legion CR 2,4%	Balansys 1%	NexGen TM 1,2%	Другие 6,6%

## Перспективы развития регистра эндопротезирования НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена

Несмотря на доказанные преимущества национальных регистров, у локальных регистров есть такие сильные стороны, как более высокий уровень детализации, возможность сопоставлять клинические данные с рентгенологическими, а также выполнять перекрестные ссылки с другими клиническими базами данных и индивидуальными картами пациентов, что позволяет разнообразить и сделать более глубоким изучение отдельных специфических вопросов. Так, рентгенография в сочетании с клинико-лабораторными данными позволили провести многоцентровое исследование, продемонстрировавшее низкий уровень износа поперечносвязанного полиэтилена в течение 10 и более лет при тотальном ЭП тазобедренного сустава [19].

Ревизии, выполненные по причине перипротезной инфекции, могут иметь перекрестные ссылки с подробными микробиологическими данными, что позволит составить полный профиль таких пациентов [20, 21], а результаты наблюдения за пациентами, которым установлены мегапротезы (онкологические), могут быть сопоставлены с институциональными локальными базами данных патоморфологических лабораторий. Опубликован ряд работ, основанных на локальных базах данных об использовании высокопористых металлических имплантатов при ревизионной артропластике тазобедренного и коленного суставов, учет использования таких конструкций позволит проанализировать результаты хирургического лечения пациентов с массивными костными дефектами [22, 23, 24].

Несмотря на то, что, помимо Центра, регистры ЭП КС ведутся в федеральных центрах эндопротезирования в Чебоксарах, Барнауле и Смоленске, в настоящее время отсутствует общенациональный регистр эндопротезирования крупных суставов. Именно такой тип регистра является информационно и экономически эффективной системой

оценки результатов данного вида хирургического лечения, позволяющей объективно определять тенденции развития и качество эндопротезирования в конкретной стране. Отсутствие национального регистра является причиной невозможности полноценного анализа выживаемости эндопротезов в масштабах страны, а также существенно ограничивает возможности для проведения объективного сравнительного анализа результатов операций ЭП КС, выполненных в различных лечебных учреждениях и с использованием различных конструкций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ данных регистра эндопротезирования коленного сустава НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена и сравнение его результатов с данными зарубежных национальных регистров позволили выявить тренд к увеличению количества выполняемых первичных и ревизионных ЭП КС, при этом соотношение первичных и ревизионных операций в последние годы остается неизменным. В Центре значительно снизилась длительность стационарного лечения пациентов после первичного ЭП. По данным регистра Центра и большинства зарубежных, первичное ЭП КС наиболее часто выполняется женщинам пожилого возраста. В абсолютном большинстве случаев причиной выполнения операции является идиопатический остеоартроз коленного сустава. Однако в мировом ортопедическом сообществе отсутствует единое мнение относительно необходимости замещения суставной поверхности надколенника и использования одномышечковых имплантатов. При этом в нашем учреждении замена суставной поверхности надколенника выполняется менее чем в 4% случаев, а частота выполнения частичных артропластик имеет статистически значимый рост. В НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена наиболее часто используются эндопротезы без замещения ЗКС. По данным регистра, выявлены четкие тренды к уменьшению интраоперационной кровопотери, длительности оперативного вмешательства.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Преображенский П.М.* — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста статьи.

*Филь А.С.* — концепция и дизайн исследования, интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста статьи.

*Корнилов Н.Н.* — концепция и дизайн исследования, интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

*Пантелеев А.Н.* — интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста статьи.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Preobrazhensky P.M.* — study concept and design, data analysis and interpretation, statistical analysis of results, writing the article.

*Fil A.S.* — study concept and design, data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

*Kornilov N.N.* — study concept and design, data analysis and interpretation, drafting the article.

*Panteleev A.N.* — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

Гуцаев М.С. — интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста статьи.

Каземирский А.В. — дизайн исследования, интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

Куляба Т.А. — интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

Середа А.П. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

Guatsaev M.S. — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

Kazemirsky A.V. — study design, data analysis and interpretation, writing the article.

Kulyaba T.A. — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

Sereda A.P. — study concept and design, drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Malchau H., Garellick G., Berry D., Harris W.H., Robertson O., Kärrholm J. et al. Arthroplasty implant registries over the past five decades: Development, current, and future impact. *J Orthop Res.* 2018; 36(9):2319-2330. doi: 10.1002/jor.24014.
- Чёрный А.Ж., Кувакин В.И., Воронцова Т.Н., Вебер Е.В. Курчиков А.Г. Система учета пациентов, нуждающихся в эндопротезировании тазобедренного и коленного суставов. *Вестник Российской военно-медицинской академии.* 2015;(4):176-182. Cherniy A.J., Kuvakin V.I., Vorontsova T.N., Veber E.V., Kurchikov A.G. Registration of patients with need of hip and knee arthroplasty. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2015;(4):176-182. (In Russian).
- Синецкий А.Д., Билык С.С., Близиуков В.В., Ефимов Н.Н., Коваленко А.Н., Бадмаев А.О. Кросс-культурная адаптация и валидизация русскоязычной версии анкеты Oxford Knee Score для пациентов с гонартрозом, ожидающих выполнения первичного эндопротезирования. *Современные проблемы науки и образования.* 2017;(2). Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26312>. doi: 10.17513/spno.26312. Sineckiy A.D., Bilyk S.S., Bliznyukov V.V., Efimov N.N., Kovalenko A.N., Badmaev A.O. Oxford knee score: cross-cultural adaptation and validation of the russian version in patients with osteoarthritis of the knee. *Modern Problems of Science and Education.* 2017;(2). (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/article/view?id=26312>. doi: 10.17513/spno.26312.
- Yang X., Bi P., Kuang S. Fighting obesity: When muscle meets fat. *Adipocyte.* 2014;3(4):280-289. doi: 10.4161/21623945.2014.964075.
- Himanen A.K., Belt E.A., Lehto M.U., Hämäläinen M.M. A comparison of survival of moulded monoblock and modular tibial components of 751 AGC total knee replacements in the treatment of rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(5):609-614. doi: 10.1302/0301-620X.89B5.17950.
- Guadnason A., Hailer N.P., W-Dahl A., Sundberg M., Robertsson O. All-Polyethylene Versus Metal-Backed Tibial Components-An Analysis of 27,733 Cruciate-Retaining Total Knee Replacements from the Swedish Knee Arthroplasty Register. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(12):994-999. doi: 10.2106/JBJS.M.00373.
- Kremers H.M., Sierra R.J., Schleck C.D., Berry D.J., Cabanela M.E., Hanssen A.D. et al. Comparative Survivorship of Different Tibial Designs in Primary Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(14):e121. doi: 10.2106/JBJS.M.00820.
- Baldini A., Castellani L., Traverso F., Balatri A., Balato G., Franceschini V. The difficult primary total knee arthroplasty: a review. *Bone Joint J.* 2015;97-B(10 Suppl A):30-39. doi: 10.1302/0301-620X.97B10.36920.
- Australian Orthopaedic Association, National Joint Replacement Registry. Annual Report. 2022:172-281. Available from: <https://aoanjrr.sahmri.com/documents/10180/732916/AOA+2022+AR+Digital/f63ed890-36d0-c4b3-2e0b-7b63e2071b16>.
- The Swedish Arthroplasty Register. Annual Report. 2022:125-169. Available from: <https://registercentrum.blob.core.windows.net/refdocs/10.18158/BklrLg8NOo.pdf>
- National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and Isle of Man. 19<sup>th</sup> Annual Report.2022: 133210. Available from: <https://reports.njrcentre.org.uk/Portals/0/PDFdownloads/NJR%2019th%20Annual%20Report%202022.pdf>.
- Norwegian National Advisory unit on Arthroplasty and Hip Fractures. Annual Report. 2021:71-214. Available from: [www.researchgate.net/publication/356998659\\_Annual\\_report\\_2021\\_Norwegian\\_National\\_Advisory\\_Unit\\_on\\_Arthroplasty\\_and\\_Hip\\_Fractures\\_Norwegian\\_Arthroplasty\\_Register\\_Norwegian\\_Cruciate\\_Ligament\\_Register\\_Norwegian\\_Hip\\_Fracture\\_Register\\_Norwegian\\_Pae](http://www.researchgate.net/publication/356998659_Annual_report_2021_Norwegian_National_Advisory_Unit_on_Arthroplasty_and_Hip_Fractures_Norwegian_Arthroplasty_Register_Norwegian_Cruciate_Ligament_Register_Norwegian_Hip_Fracture_Register_Norwegian_Pae). doi: 10.13140/RG.2.2.34266.26566.

13. The New Zealand Joint Registry Twenty-two Year Report January 1999 to December 2020. Annual Report. 2021:78-120. Available from: [www.nzoa.org.nz/sites/default/files/NZJR\\_22\\_Year\\_Report\\_Final.pdf](http://www.nzoa.org.nz/sites/default/files/NZJR_22_Year_Report_Final.pdf).
14. Swiss National Joint Registry, SIRIS Report 2021. Annual Report. 2021:100-147. Available from: [https://www.swiss-medtech.ch/sites/default/files/2021-12/211130\\_SIRIS-Report%202021\\_online.pdf](https://www.swiss-medtech.ch/sites/default/files/2021-12/211130_SIRIS-Report%202021_online.pdf)
15. Canadian Institute for Health Information, Canadian Joint Replacement Registry. Annual Report. 2022:1-98. Available from: <https://www.cihi.ca/sites/default/files/document/hip-knee-replacements-in-canada-cjrr-annual-report-2020-2021-en.pdf>.
16. 8<sup>th</sup> AJRR Annual Report. on Hip and Knee Arthroplasty Data. Annual Report. 2021:64-97. Available from: <https://www.aaos.org/registries/publications/ajrr-annual-report/>
17. Рязанцев С.В., Архангельский В.Н., Воробьева О.Д., Гневашева В.И., Доброхлеб В.Г., Иванова А.Е. и др. Демографическое развитие России: тенденции, прогнозы, меры. Национальный демографический доклад. Москва: Объединенная редакция; 2020. 156 с. doi: 10.25629/HC.2020.13.01. Ryazantsev S.V., Arkhangel'skii V.N., Vorob'eva O.D., Gnevasheva V.I., Dobrokhleb V.G., Ivanova A.E. et al. Demographic development of Russia: trends, forecasts, measures. National Demographic Report. Moscow: United Edition LLC; 2020. 156 p. (In Russian). doi: 10.25629/HC.2020.13.01.
18. Parvizi J., Gehrke T., Chen A.F. Proceedings of the International Consensus on Periprosthetic Joint Infection. *Bone Joint J.* 2013;95-B(11):1450-1452. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.33135.
19. Hussey D.K., Madanat R., Donahue G.S., Rolfson O., Bragdon C.R., Muratoglu O.K. et al. Scoring the Current Risk Stratification Guidelines in Follow-up Evaluation of Patients After Metal-on-Metal Hip Arthroplasty: A Proposal for a Metal-on-Metal Risk Score Supporting Clinical Decision-Making. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(22):1905-1912. doi: 10.2106/JBJS.15.00685.
20. Marculescu C.E., Berbari E.F., Hanssen A.D., Steckelberg J.M., Osmon D.R. Prosthetic joint infection diagnosed postoperatively by intraoperative culture. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;439:38-42. doi: 10.1097/01.blo.0000183091.83509.d8.
21. Trampuz A., Piper K.E., Jacobson M.J., Hanssen A.D., Unni K.K., Osmon D.R. et al. Sonication of removed hip and knee prostheses for diagnosis of infection. *N Engl J Med.* 2007;357(7):654-663. doi: 10.1056/NEJMoa061588.
22. Howard J.L., Kudera J., Lewallen D.G., Hanssen A.D. Early results of the use of tantalum femoral cones for revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(5):478-84. doi: 10.2106/JBJS.1.01322.
23. Meneghini R.M., Ford K.S., McCollough C.H., Hanssen A.D., Lewallen D.G. Bone remodeling around porous metal cementless acetabular components. *J Arthroplasty.* 2010;25(5):741-747. doi: 10.1016/j.arth.2009.04.025.
24. Meneghini R.M., Lewallen D.G., Hanssen A.D. Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91 Suppl 2 Pt 1:131-138. doi: 10.2106/JBJS.H.01061.

#### Сведения об авторах

✉ Преображенский Петр Михайлович

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8  
<https://orcid.org/0000-0002-9569-1566>  
 e-mail: Pedro@yandex.ru

Филь Алексей Сергеевич — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-8994-0984>  
 e-mail: filalekse@yandex.ru

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>  
 e-mail: drkornilov@hotmail.com

Пантелеев Александр Николаевич  
<https://orcid.org/0000-0001-9925-0365>  
 e-mail: alex.pant95@mail.ru

Гуацаев Максим Сосланович  
<https://orcid.org/0000-0003-1948-0895>  
 e-mail: mguatsaev@inbox.ru

Каземирский Александр Викторович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-5652-6541>  
 e-mail: Alexkazemir@mail.ru

Куляба Тарас Андреевич — д-р мед. наук  
<http://orcid.org/0000-0003-3175-4756>  
 e-mail: taraskuliaba@mail.ru

Серета Андрей Петрович — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>  
 e-mail: drsereda@gmail.com

#### Authors' information

✉ Petr M. Preobrazhensky

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-9569-1566>  
 e-mail: Pedro@yandex.ru

Alexey S. Fil — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-8994-0984>  
 e-mail: filalekse@yandex.ru

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-6905-7900>  
 e-mail: drkornilov@hotmail.com

Alexander N. Panteleev  
<https://orcid.org/0000-0001-9925-0365>  
 e-mail: alex.pant95@mail.ru

Maksim S. Guatsaev  
<https://orcid.org/0000-0003-1948-0895>  
 e-mail: mguatsaev@inbox.ru

Alexander V. Kazemirsky — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-5652-6541>  
 e-mail: Alexkazemir@mail.ru

Taras A. Kulyaba — Dr. Sci. (Med.)  
<http://orcid.org/0000-0003-3175-4756>  
 e-mail: taraskuliaba@mail.ru

Andrey P. Sereda — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>  
 e-mail: drsereda@gmail.com



## Анализ телемедицинских консультаций детям с повреждениями опорно-двигательного аппарата по данным НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера

В.И. Зорин<sup>1,2</sup>, С.А. Лукьянов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

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

### Реферат

**Актуальность.** В настоящее время смертность пациентов детского возраста от травм превышает смертность от прочих причин во всем мире. Отбор и своевременный перевод пострадавших в специализированную клинику является важным элементом работы медицинской системы. Телемедицинские консультации (ТМК) рассматриваются рядом авторов как один из эффективных способов повышения качества травматологической помощи и оптимизации процессов маршрутизации пациентов.

**Цель** — провести анализ результатов экстренных и неотложных телемедицинских консультаций и госпитализации по телемедицинским консультациям у детей с травмами опорно-двигательного аппарата.

**Материал и методы.** Были проанализированы запросы на проведение ТМК в 2020–2022 гг. При оценке уделяли внимание типу запроса (плановый, экстренный, неотложный), региону, из которого поступил запрос, а также соответствию категории срочности запроса диагнозу пациента. В ходе исследования проведен анализ структуры повреждений, их тяжести по шкале Injury Severity Score (ISS) на момент травмы, а также сроков формирования запроса и перевода в федеральную клинику с момента получения травмы.

**Результаты.** За 2020–2022 гг. поступило 3745 запросов на проведение ТМК, из них экстренных и неотложных 572. В динамике отмечен рост количества запросов на ТМК более чем в три раза за 3 года. За 2020–2022 гг. в клинику были переведены 78 пациентов. У 36 пациентов с сочетанными и множественными повреждениями проведена оценка тяжести травмы в соответствии со шкалой ISS, средний балл — 31 (min 9; max 57). Средний срок отправки запроса региональным учреждением с момента госпитализации пострадавшего составил 6,7 сут. Госпитализация в клинику Центра от момента получения травмы составила 10,3 сут. (min 1; max 58).

**Заключение.** Были выявлены следующие проблемы, на решение которых должны быть направлены дальнейшие организационные шаги: высокая доля несоответствия типа запроса истинной клинической картине, отсроченные обращения за консультацией, длительность медицинской эвакуации и вопросы ее организации.

**Ключевые слова:** телемедицина, дети, травмы опорно-двигательной системы, медицинская эвакуация, экстренная помощь, травмацентр, медицина катастроф.

**Для цитирования:** Зорин В.И., Лукьянов С.А. Анализ телемедицинских консультаций детям с повреждениями опорно-двигательного аппарата по данным НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):86–93. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-11175>.

Лукьянов Сергей Андреевич; e-mail: [Sergey.lukyanov95@yandex.ru](mailto:Sergey.lukyanov95@yandex.ru)

Рукопись получена: 18.05.2023. Рукопись одобрена: 17.08.2023. Статья опубликована онлайн: 01.09.2023.

© Зорин В.И., Лукьянов С.А., 2023



## Telemedicine Consultations for Children With Musculoskeletal Injuries: Data from the Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery

Vyacheslav I. Zorin<sup>1,2</sup>, Sergey A. Lukyanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

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

### Abstract

**Background.** Currently, the mortality rate of pediatric patients due to injuries surpasses mortality from other causes worldwide. The selection and timely transfer of the injured to specialized clinics are crucial elements of the healthcare system. Telemedicine consultations (TMC) are considered by several authors as an effective means to enhance the quality of trauma care and optimize patient routing processes.

**Aim of the study** was to analyze the results of urgent and emergent telemedicine consultations and hospitalizations based on telemedicine consultations for children with musculoskeletal injuries.

**Methods.** TMC requests from 2020 to 2022 were analyzed. When evaluating TMC requests, attention was given to the type of request (planned, urgent, emergent), the region from which the request originated, and the correspondence of the request's urgency category to the patient's diagnosis. The study also involved an analysis of the injury structure, its severity according to the Injury Severity Score (ISS) at the time of trauma, and the timelines for requesting and transferring to the federal clinic from the moment of injury.

**Results.** From 2020 to 2022, a total of 3745 requests for TMC were received. Among them, there were 572 urgent and emergent requests. A threefold increase in the number of TMC requests was observed over the span of three years. In the same period, 78 patients were transferred to the clinic. For 36 patients with combined and multiple injuries, the severity of trauma was assessed using the ISS scale. The average score was 31 (min 9; max 57). The average time for regional institutions to send a request from the moment of the patient's hospitalization was 6.7 days. Hospitalization in the center's clinic from the moment of injury was 10.3 days (min 1; max 58).

**Conclusion.** The study revealed the following issues that need to be addressed through further organizational steps: a high percentage of mismatch between the type of request and the actual clinical picture, delayed consultations, prolonged medical evacuation, and organizational aspects of medical evacuation.

**Keywords:** telemedicine, children, injuries of musculoskeletal system, medical evacuation, emergency care, trauma center, disaster medicine.

---

**Cite as:** Zorin V.I., Lukyanov S.A. Telemedicine Consultations for Children With Musculoskeletal Injuries: Data from the Turner National Medical Research Center of Children's Orthopedics and Trauma Surgery. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):86-93. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-11175>.

✉ Sergey A. Lukyanov; e-mail: [Sergey.lukyanov95@yandex.ru](mailto:Sergey.lukyanov95@yandex.ru)

Submitted: 18.05.2023. Accepted: 17.08.2023. Published online: 01.09.2023.

---

© Zorin V.I., Lukyanov S.A., 2023

## АКТУАЛЬНОСТЬ

По данным ВОЗ и Eurosafer (European Association for Injury Prevention and Safety Promotion), травмы являются основной причиной смерти и инвалидности среди пациентов в возрасте от 1 года до 19 лет<sup>1,2,3</sup>.

Еще в начале 1990-х гг. было предсказано, что травматические повреждения, вызванные дорожно-транспортными происшествиями, станут основной причиной детской смертности к 2020 г., превысив смертность от инфекционных заболеваний<sup>3</sup>. Этот эпидемиологический сдвиг отражает прогресс, достигнутый в профилактике и лечении детских инфекций, и отсутствие высокоэффективных программ, направленных на профилактику и лечение травм. Некоторые исследования показывают, что жители регионов с низкой плотностью населения подвергаются риску как травматических повреждений, так и высокой смертности, связанной с травмами, на фоне недостаточного обеспечения медицинской помощью [1, 2, 3, 4].

Исследования показывают, что результаты лечения пациентов после травм, особенно детей, значительно лучше, если оно проводится своевременно в условиях специализированного центра, имеющего подготовленные кадры и современную материально-техническую базу. По объективным социально-экономическим причинам это сложно обеспечить в отдаленных регионах. По сравнению с пациентами, получившими травмы в городах, у пациентов из сельской местности меньше шансов получить лечение в травматологическом центре и в два раза выше риск летального исхода [5, 6, 7, 8].

Возможные причины, по которым пациенты с травматическими повреждениями не попадают своевременно на соответствующий специализированный этап, включают задержки с оповещением или транспортировкой службами неотложной медицинской помощи, значительное плечо эвакуации от места травмы до ближайшего травматологического центра, сложности с определением тактики лечения специалистами регионального учреждения, предпочтение пациентов оставаться рядом со своей семьей и ряд других [5, 9]. Ограниченные кадровые и технологические ресурсы могут привести к задержкам в диагностике и необходимом лечении, ошибочной тактике, а также к увеличению числа переводов между учреждениями до госпитализации пациента в специализированное отделение [10].

Одним из возможных решений некоторых из обозначенных проблем в последние годы является широкое внедрение телемедицинских консультаций (ТМК), проводимых в режиме реального времени либо в течение регламентированного ограниченного временного коридора, что позволяет повысить качество травматологической помощи [11, 12, 13].

Вопрос цифрового консультативного взаимодействия между учреждениями разного уровня, оказывающими экстренную и неотложную помощь, в частности детям с травмами, с учетом географических особенностей Российской Федерации является чрезвычайно актуальным.

*Цель исследования* — провести анализ результатов экстренных и неотложных телемедицинских консультаций и госпитализаций по итогам телемедицинских консультаций у детей с травмами опорно-двигательного аппарата.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования — ретроспективное моноцентровое. Глубина ретроспекции — 2020–2022 гг.

В Российской Федерации в соответствии с Приказом Минздрава России от 30 ноября 2017 г. № 965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий» создана телемедицинская система дистанционных консультаций федерального и регионального уровней (<http://tmk.minzdrav.gov.ru/>). В соответствии с приказом определены три варианта ТМК:

- в экстренной форме — при внезапных острых заболеваниях, состояниях, обострении хронических заболеваний, представляющих угрозу жизни больного; срок осуществления консультации с момента запроса — 30–120 мин.;
- в неотложной форме — при острых состояниях, обострении хронических заболеваний без явных признаков угрозы жизни; срок ответа — в течение 3–24 ч. с момента запроса;
- в плановой форме — при проведении профилактических мероприятий, при заболеваниях и состояниях, не сопровождающихся угрозой жизни больного, не требующих экстренной и неотложной медицинской помощи.

Инициатором проведения ТМК в соответствии с приведенным нормативным документом является лечащий врач.

<sup>1</sup> Child Safety Report Card 2009: Europe Summary for 24 Countries. Published online 2009. Available from: [https://webgate.ec.europa.eu/chafea\\_pdb/assets/files/pdb/20101212/20101212\\_d1-00\\_oth\\_en\\_ps.pdf](https://webgate.ec.europa.eu/chafea_pdb/assets/files/pdb/20101212/20101212_d1-00_oth_en_ps.pdf). Accessed January 15, 2023.

<sup>2</sup> CDC Injury fact book. Published online 2006. Available from: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/11438>. Accessed January 15, 2023.

<sup>3</sup> The Global burden of disease : a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020 : summary / ed. by Ch.J.L. Murray, A.D. Lopez. Available from: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/418643>.

С 2020 г. НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера участвует в консультативной работе посредством указанной выше системы.

Проведен сплошной анализ запросов в телемедицинской системе дистанционных консультаций федерального и регионального уровней с последующей выборкой по следующим критериям включения:

- диагноз по номенклатуре МКБ-10 соответствует классу XIX: травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (S00-T98);

- детский возраст (до 18 лет);

- профиль консультации «детская травматология и ортопедия»;

- тип запроса: плановый, неотложный, экстренный;

- наличие полной информации для проведения консультации (медицинская документация, лучевой архив).

Кроме того, при оценке запросов в системе уделяли внимание региону, соответствию срочности запроса диагнозу пациента, локализации повреждений, проводили оценку тяжести по шкале ISS на момент травмы, учитывали сроки формирования запроса с момента травмы и перевода в Федеральный центр.

### Статистический анализ

Полученные данные были проанализированы с применением программы StatTech v. 3.1.6 (Статтех, Россия) и Microsoft Excel. Категориальные переменные были описаны с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение групп по количественному показателю выполнялось с помощью U-критерия Манна–Уитни. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего за 2020–2022 гг. поступило 3745 запросов на проведение ТМК, в том числе 572 экстренных и неотложных (табл. 1).

При анализе количества запросов ТМК по годам выявлен суммарный рост более чем в три раза за 3 года, в том числе двукратный по экстренным и неотложным состояниям. Следует отметить, что при стабильном увеличении общего числа запросов за 2022 г. несколько уменьшилось их количество в категориях «экстренный» и «неотложный». В то же время анализ данной категории запросов показал существенную частоту несоответствия содержания обращения по отношению к категории его срочности. В динамике в 2022 г. отмечался регресс данного несоответствия.

Таблица 1

### Структура запросов телемедицинских консультаций в 2020–2022 гг.

Тип консультативного запроса	2020	2021	2022
Плановый	465	999	1709
Экстренный несоответствие типу запроса, <i>n</i> / %	56 22/39,3	162 74/45,6	133 39/29,3
Неотложный несоответствие типу запроса, <i>n</i> / %	48 21/43,8	90 45/50	83 25/30,1
Всего ТМК	569	1251	1925
из них экстренные + неотложные, %	18,3	20,1	11,2

Запросы, не соответствующие категории срочности, касались плановых состояний, связанных с длительно существующей ортопедической патологией опорно-двигательного аппарата без признаков острого прогрессирования и значимого ухудшения состояния больного.

Структура запросов ТМК, соответствующих срочности, по локализации поражения представлена в таблице 2.

География обращений региональных специалистов с отметкой «экстренный» и «неотложный» запрос (351 и 221 соответственно) включала 78 регионов. Обращает внимание значительное число запросов из относительно малонаселенных регионов. В таблице 3 приведены регионы Российской Федерации, из которых поступило наибольшее количество экстренных и неотложных запросов на проведение ТМК.

Структура причин запросов включала сочетанные и множественные травмы, изолированные повреждения.

Таблица 2

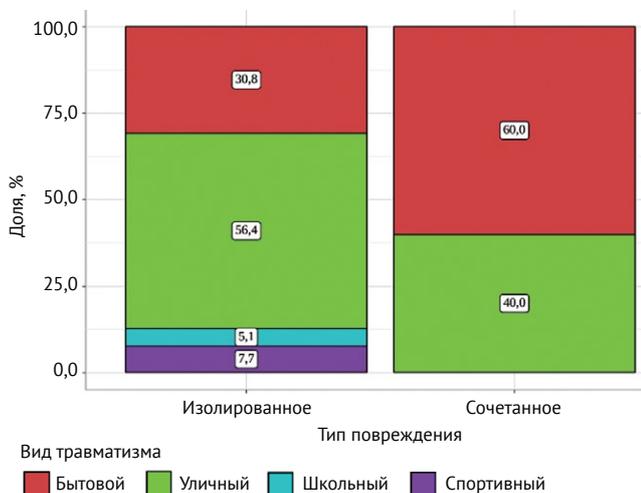
### Структура запросов по локализации повреждений у пациентов с травмами

Локализация повреждения	Количество пациентов, <i>n</i> (%)
Множественные и сочетанные повреждения	65 (18,7)
Челюстно-лицевая травма	6 (1,8)
Повреждения конечностей	199 (57,6)
Повреждения таза	17 (4,9)
Повреждения позвоночника	59 (17,0)

**Таблица 3**  
**Регионы РФ с наибольшим количеством запросов на проведение телемедицинских консультаций в категориях «экстренный» и «неотложный»**

Регион	Число запросов
Камчатский край	36
Курская область	25
Ямало-Ненецкий автономный округ	23
Липецкая область	20
Чеченская Республика	18
Калининградская область	18
Воронежская область	17
Республика Башкортостан	14
Краснодарский край	14
Пензенская область	13

С 2021 г. в НИИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера действует служба по оказанию помощи детям и подросткам с травмами опорно-двигательного аппарата, требующими высокотехнологичной медицинской помощи, а также консультативной помощи для специалистов регионов по любым видам повреждений опорно-двигательного аппарата с круглосуточным режимом работы ежедневно. По результатам экстренных и неотложных телемедицинских консультаций в период 2021–2022 гг. в клинику Центра было госпитализировано 78 пациентов (в 2021 г. — 46, в 2022 г. — 32). Средний возраст пациентов составил 13,2 лет (min 4, max 17). Для пациентов с сочетанной травмой (36 детей) проведена оценка по шкале ISS, средний балл составил 31 (min 9, max 57). Дополнительно у госпитализированных пациентов был проанализирован тип травматизма (рис. 1).



Условно к бытовому травматизму были отнесены попытки суицида у детей и подростков. Статистический анализ выявил значимое различие между пациентами с изолированными и сочетанными повреждениями ( $p = 0,019$ ) — у пациентов с сочетанными повреждениями преобладал бытовой травматизм, преимущественно за счет суицида (кататравмы).

Структура повреждений по локализациям у пациентов, поступивших в клинику Центра по результатам ТМК, представлена в таблице 4.

**Таблица 4**  
**Структура повреждений у пациентов, госпитализированных в Центр по результатам ТМК**

Локализация повреждения	Количество пациентов, n (%)
Множественные и сочетанные повреждения	28 (36)
Челюстно-лицевая травма	3 (4)
Повреждения грудной клетки	1 (1)
Повреждения таза	5 (7)
Повреждения позвоночника	15 (19)
Повреждения конечностей	26 (33)

Средний срок экстренных и неотложных запросов на ТМК с момента травмы составил 6,7 сут. (min 1, max 45; Q1–Q3 = 1–8), при этом средний срок запросов для изолированных травм составил 5,5 сут. (min 1, max 45; Q1–Q3 = 2–5), для множественных и сочетанных — 7,8 сут. (min 1, max 38; Q1–Q3 = 1–10). Хотя статистический анализ не выявил значимых различий по срокам запроса на ТМК между пациентами с изолированными и сочетанными повреждениями ( $p = 0,624$ ), обращает на себя внимание диссоциация между сложностью клинической ситуации и сроком консультативного запроса, включая определение рациональной тактики ведения пациента.

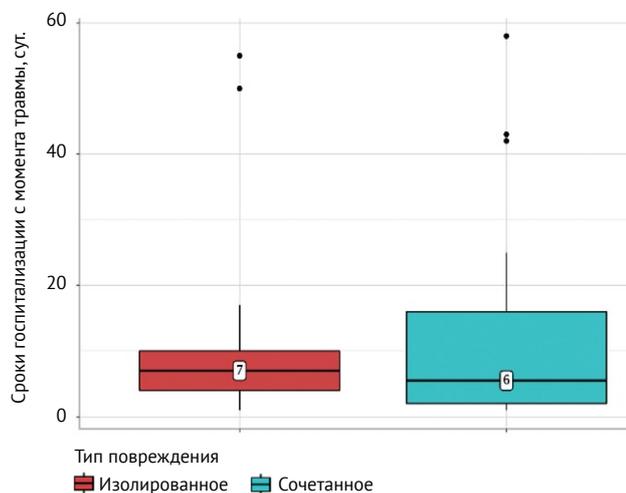
Средний срок между получением травмы и поступлением в клинику Центра составил 10,3 сут. (min — 1, max — 58; Q1–Q3 = 2–12). Из 78 пациентов у 42 (54,4%) медицинская эвакуация была организована местными медицинскими организациями. У 36 (45,6%) пострадавших транспортировка была организована самостоятельно родственниками, при этом плечо доставки в 23 случаях превышало

**Рис. 1.** Типы травматизма у пациентов с изолированными и сочетанными повреждениями, госпитализированных в Центр

**Fig. 1.** Injury types in patients with isolated and combined injuries admitted to the Center

500 км. Сравнительный анализ сроков поступления пациентов в клинику Центра с изолированными и сочетанными повреждениями не выявил значимых различий ( $p = 0,976$ ) (рис. 2).

Это, возможно, указывает на организационные факторы, нивелирующие либо преобладающие над клиническими.



**Рис. 2.** Срок между получением травмы и поступлением в клинику Центра в зависимости от типа повреждения

**Fig. 2.** Analysis of the terms of hospitalization from the moment of injury, depending on the type of injury

## ОБСУЖДЕНИЕ

За 3 года было получено более 3000 запросов на ТМК, и их количество продолжает расти. Эти данные позволяют судить о востребованности системы для региональных учреждений по профилю «детская травматология и ортопедия». Данный формат работы является относительно новым. Возможно, это объясняет значительное количество ложных экстренных и неотложных запросов. Дополнительными потенциальными причинами могут являться желание региональных специалистов получить заключение в максимально короткие сроки, в том числе и при плановых патологических состояниях, либо недостаточная информированность о регламенте работы телемедицинской системы. С течением времени данная работа постепенно отлаживается, но их доля остаётся ощутимой – около 30%.

География экстренных и неотложных консультаций за анализируемый период покрывала практически всю территорию страны (78 субъектов). Лидером по экстренным и неотложным ТМК является Камчатский край, что, вероятно, объясняется несколькими факторами: демографическим (низкая плотностью населения), кадровым обес-

печением, географической изолированностью от других регионов, отсутствием прямого сухопутного сообщения.

При анализе группы пациентов, поступивших на лечение в клинику Центра по результатам ТМК, установлена актуальность данного формата для пациентов с множественными и сочетанными повреждениями, которые составили половину госпитализированных.

Обращают на себя внимание пролонгированные, на наш взгляд, сроки формирования запроса от момента травмы, достоверно не коррелирующие по полученным данным с тяжестью и сложностью повреждения. Этот аспект является важным для лечения скелетных травм у детей, когда оптимально проведение хирургического лечения в ранние сроки, до активных процессов консолидации в порочном положении, что увеличивает травматичность хирургических вмешательств.

Следует отметить данные об отсутствии значимых различий по срокам госпитализации пациентов с сочетанными и изолированными повреждениями. Для ряда повреждений (осложненные повреждения позвоночника, таза, крестца) отсроченное хирургическое лечение менее эффективно и менее безопасно в плане рисков различных осложнений.

Исходя из полученных данных, не было установлено объективных причин, объясняющих длительные сроки при обращении за консультацией. В частности, кажется логичным, что непростая клиническая ситуация требует раннего коллегиального обсуждения. В то же время средний срок формирования запросов для детей с травмами, по нашим данным, составил 6,7 сут. Вероятно, на фоне стабилизации состояния пациента возникает вопрос о переводе в специализированный центр для хирургического лечения. На наш взгляд, оптимальна модель решения тактических и клинических вопросов в рамках единой системы, заблаговременно, а не этапно, что в целом затягивает сроки оказания помощи.

По опыту специалистов, отраженному в научных исследованиях, применение телемедицинских технологий, обеспечивающих оперативное взаимодействие региональных учреждений и клинического специализированного травматологического центра, позволяет снизить количество переводов между учреждениями, общую длительность пребывания в стационаре, а также количество необязательных в ходе диагностического процесса исследований [13, 14]. При этом необоснованная отсрочка перевода значимо ухудшает результаты лечения [15, 16]. С учетом полученных данных и данных литературы совершенствование службы ТМК при экстренных и неотложных состояниях должно идти совместно с проработкой регламен-

тированных алгоритмов маршрутизации и вопросов транспортировки пациентов между учреждениями, что в итоге формирует слаженную систему оказания помощи пациентам с травмами, в том числе с учетом географических условий региона и страны в целом [14, 17, 18].

Таким образом, внедрение системы ТМК по профилю «детская травматология и ортопедия», согласно проведенному анализу, показало свою востребованность в прогрессирующем от года к году количественном выражении и обеспечило оперативное взаимодействие специализированного центра со всеми региональными учреждениями страны. В то же время обозначились следующие актуальные вопросы:

- повышение качества формируемых консультативных запросов (соответствие категории, предоставление полного объема информации: лучевой архив, медицинская документация);
- пролонгированные сроки формирования запроса при травмах, требующих высокотехнологичного лечения, в том числе в условиях специализированного центра;
- как конечный элемент эффективности проведенной консультации обозначается проблема орга-

низации транспортировки и медицинской эвакуации пациента в специализированный центр.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система телемедицинских консультаций, как показала практика, является широко востребованным и эффективным элементом оперативного взаимодействия между федеральными и региональными учреждениями страны при оказании помощи детям с патологией опорно-двигательного аппарата. Данный аспект особенно важен с учетом обширной географии Российской Федерации и в целом играет положительную роль в повышении эффективности и качества оказания специализированной неотложной, в том числе высокотехнологичной помощи детскому населению по профилю «травматология и ортопедия». Анализ проводимой работы обозначил некоторые проблемы, связанные с качеством запросов, сроками их отправки, осуществлением перевода и транспортировки пациента. Очевидно, что данные вопросы лежат в зоне интересов и ответственности профессионального сообщества, а также в плоскости организационных решений, в том числе межведомственного уровня.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Зорин В.И.* — дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание и редактирование текста статьи.

*Лукьянов С.А.* — поиск и анализ источников литературы, сбор и обработка данных, написание текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Zorin V.I.* — study concept and design, data collection and processing, writing and drafting the article.

*Lukyanov S.A.* — literature search and analysis, data collection and processing, writing the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Peek-Asa C., Zwerling C., Stallones L. Acute traumatic injuries in rural populations. *Am J Public Health.* 2004;94(10):1689-1693. doi: 10.2105/ajph.94.10.1689.
2. Leff M., Stallones L., Keefe T.J., Rosenblatt R., Reeds M. Comparison of urban and rural non-fatal injury: the results of a statewide survey. *Inj Prev.* 2003;9(4):332-337. doi: 10.1136/ip.9.4.332.
3. Tiesman H., Zwerling C., Peek-Asa C., Sprince N., Cavanaugh J.E. Non-fatal injuries among urban and rural residents: the National Health Interview Survey, 1997-2001. *Inj Prev.* 2007;13(2):115-119. doi: 10.1136/ip.2006.013201.
4. Rogers F.B., Ricci M., Caputo M., Shackford S., Sartorelli K., Callas P. et al. The use of telemedicine for real-time video consultation between trauma center and community hospital in a rural setting improves early trauma care: preliminary results. *J Trauma.* 2001;51(6):1037-1041. doi: 10.1097/00005373-200112000-00002.

5. Fleet R., Bussi eres S., Tounkara F.K., Turcotte S., L egar e F., Plant J. et al. Rural versus urban academic hospital mortality following stroke in Canada. *PLoS One*. 2018;13(1):e0191151. doi: 10.1371/journal.pone.0191151.
6. Lapointe L., Lavallee-Bourget M.H., Pichard-Jolicoeur A., Turgeon-Pelchat C., Fleet R. Impact of telemedicine on diagnosis, clinical management and outcomes in rural trauma patients: A rapid review. *Can J Rural Med*. 2020;25(1):31-40. doi: 10.4103/CJRM.CJRM\_8\_19.
7. Pai P.K., Klinkner D.B. Pediatric trauma in the rural and low resourced communities. *Semin Pediatr Surg*. 2022;31(5):151222. doi: 10.1016/j.sempedsurg.2022.151222.
8. Kohler J.E., Falcone R.A. Jr., Fallat M.E. Rural health, telemedicine and access for pediatric surgery. *Curr Opin Pediatr*. 2019;31(3):391-398. doi: 10.1097/MOP.0000000000000763.
9. Newgard C.D., Fu R., Bulger E., Hedges J.R., Mann N.C., Wright D.A. et al. Evaluation of Rural vs Urban Trauma Patients Served by 9-1-1 Emergency Medical Services. *JAMA Surg*. 2017;152(1):11-18. doi: 10.1001/jamasurg.2016.3329.
10. Bergeron C., Fleet R., Tounkara F.K., Lavall e-Bourget I., Turgeon-Pelchat C. Lack of CT scanner in a rural emergency department increases inter-facility transfers: a pilot study. *BMC Res Notes*. 2017;10(1):772. doi: 10.1186/s13104-017-3071-1.
11. Mohr N.M., Vakkalanka J.P., Harland K.K., Bell A., Skow B., Shane D.M., Ward M.M. Telemedicine Use Decreases Rural Emergency Department Length of Stay for Transferred North Dakota Trauma Patients. *Telemed J E Health*. 2018;24(3):194-202. doi: 10.1089/tmj.2017.0083.
12. Wibbenmeyer L., Kluesner K., Wu H., Eid A., Heard J., Mann B. et al. Video-Enhanced Telemedicine Improves the Care of Acutely Injured Burn Patients in a Rural State. *J Burn Care Res*. 2016;37(6):e531-e538. doi: 10.1097/BCR.0000000000000268.
13. Duchesne J.C., Kyle A., Simmons J., Islam S., Schmiege R.E. Jr., Olivier J. et al. Impact of telemedicine upon rural trauma care. *J Trauma*. 2008;64(1):92-97. doi: 10.1097/TA.0b013e31815dd4c4.
14. Moya M., Valdez J., Yonas H., Alverson D.C. The impact of a telehealth web-based solution on neurosurgery triage and consultation. *Telemed J E Health*. 2010;16(9):945-949. doi: 10.1089/tmj.2010.0044.
15. Uhrenfeldt L., Aagaard H., Hall E.O., Fegran L., Ludvigsen M.S., Meyer G. A qualitative meta-synthesis of patients' experiences of intra- and inter-hospital transitions. *J Adv Nurs*. 2013;69(8):1678-1690. doi: 10.1111/jan.12134.
16. Ward M.M., Jaana M., Natafqi N. Systematic review of telemedicine applications in emergency rooms. *Int J Med Inform*. 2015;84(9):601-616. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2015.05.009.
17. Mohr N.M., Harland K.K., Chrischilles E.A., Bell A., Shane D.M., Ward M.M. Emergency Department Telemedicine Is Used for More Severely Injured Rural Trauma Patients, but Does Not Decrease Transfer: A Cohort Study. *Acad Emerg Med*. 2017;24(2):177-185. doi: 10.1111/acem.13120.
18. Sorensen M.J., von Recklinghausen F.M., Fulton G., Burchard K.W. Secondary overtriage: the burden of unnecessary interfacility transfers in a rural trauma system. *JAMA Surg*. 2013;148(8):763-768. doi: 10.1001/jamasurg.2013.2132.

#### Сведения об авторах

✉ Лукьянов Сергей Андреевич  
 Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,  
 ул. Парковая, д. 64-68  
<https://orcid.org/0000-0002-8278-7032>  
 e-mail: Sergey.lukyanov95@yandex.ru  
 Зорин Вячеслав Иванович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-9712-5509>  
 e-mail: zoringlu@yandex.ru

#### Authors' information

✉ Sergey A. Lukyanov  
 Address: 64-68, Parkovaya st., St. Petersburg, Pushkin,  
 196603, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-8278-7032>  
 e-mail: Sergey.lukyanov95@yandex.ru  
 Vyacheslav I. Zorin — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-9712-5509>  
 e-mail: zoringlu@yandex.ru



## Вирус иммунодефицита человека в очаге деструкции костной ткани при асептическом некрозе головки бедренной кости: клинические наблюдения

Е.О. Перецманас, Т.Е. Тюлькова, В.С. Зубиков, И.А. Герасимов, Г.Д. Каминский

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний»  
Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Остеонекроз головки бедренной кости значительно чаще встречается у ВИЧ-больных, чем в общей популяции. Механизм этиологии и патогенеза этого процесса до конца не изучен. В единичных исследованиях высказываются предположения о возможном прямом патологическом действии вируса на клетки костной ткани. Исследования, посвященные нахождению вируса непосредственно в очагах остеонекроза, в доступных литературных источниках не найдены.

**Цель** — представить первые клинические наблюдения больных с асептическим некрозом головки бедренной кости, протекающим на фоне ВИЧ-инфекции, у которых выявлена РНК ВИЧ в очаге костного некроза.

**Описание клинических случаев.** Пациенты 54 и 38 лет, больные ВИЧ-инфекцией, госпитализированы в клинику по поводу асептического некроза головки бедренной кости. Пациентам с целью диагностики выполнена трепанобиопсия участков остеонекроза в головке бедренной кости и неизменной костной ткани большого вертела. Биологический материал изучен при помощи ПЦР, микробиологическими и гистологическими методами. В результате ПЦР-исследования в очагах остеонекроза в головке бедренной кости обнаружена РНК вируса иммунодефицита человека. В плазме крови у обоих пациентов — неопределяемая вирусная нагрузка. В костной ткани большого вертела у пациента 54 лет вирусная нагрузка не определена, у пациента 38 лет вирусная нагрузка в большом вертеле была значительно ниже, чем в очаге остеонекроза головки бедренной кости.

**Заключение.** Полученные данные могут свидетельствовать о возможности прямого участия вируса в патогенезе артропатии и ставят под сомнение асептическую природу остеонекроза у больных ВИЧ-инфекцией.

**Ключевые слова:** ВИЧ, вирус иммунодефицита человека, остеонекроз, асептический некроз.

 **Для цитирования:** Перецманас Е.О., Тюлькова Т.Е., Зубиков В.С., Герасимов И.А., Каминский Г.Д. Вирус иммунодефицита человека в очаге деструкции костной ткани при асептическом некрозе головки бедренной кости: клинические наблюдения. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):94-101. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7989>.

 Евгений Оркович Перецманас; e-mail: peretsmanas58@mail.ru

Рукопись получена: 13.03.2023. Рукопись одобрена: 24.04.2023. Статья опубликована онлайн: 31.07.2023.

© Перецманас Е.О., Тюлькова Т.Е., Зубиков В.С., Герасимов И.А., Каминский Г.Д., 2023



## Human Immunodeficiency Virus in the Focus of Bone Tissue Destruction in Patients With Aseptic Osteonecrosis of the Femoral Head: Two Case Reports

Evgeny O. Peretsmanas, Tatiana E. Tyulkova, Vladimir S. Zubikov, Ilya A. Gerasimov, Grigory D. Kaminsky

*National Medical Research Center of Phthisiopulmonology and Infectious Diseases, St. Petersburg, Russia*

### Abstract

**Background.** Osteonecrosis of the femoral head is significantly more common in HIV-positive patients than in the general population. The etiology and pathogenesis of this process are not fully understood. In some studies, suggestions have been made about the possible direct pathological action of the virus on bone tissue cells. No studies dedicated to the identification of the virus directly in the foci of osteonecrosis were found in available literature sources.

**The aim of the study** – to present the first clinical cases of patients with aseptic osteonecrosis of the femoral head in whom HIV RNA was found in the focus of bone necrosis.

**Cases presentation.** Patients aged 54 and 38 years, suffering from HIV infection, were admitted to the clinic due to aseptic osteonecrosis of the femoral head. For diagnostic purposes, the patients underwent trephine biopsy of the osteonecrosis sites in the femoral head and unaltered bone tissue of the greater trochanter. The biological material was studied using PCR, microbiological, and histological methods. As a result of the PCR study, HIV RNA was detected in the foci of osteonecrosis in the femoral head. In the blood plasma of both patients, viral load was undetectable. In the bone tissue of the greater trochanter in the 54-year-old patient, the viral load was not determined, while in the 38-year-old patient, the viral load in the greater trochanter was significantly lower than in the necrosis focus of the femoral head.

**Conclusion.** The obtained data may indicate the possibility of direct involvement of the virus in the pathogenesis of arthropathy and cast doubt on the aseptic nature of osteonecrosis in HIV-positive patients.

**Keywords:** HIV, human immunodeficiency virus, osteonecrosis, aseptic necrosis.

---

**Cite as:** Peretsmanas E.O., Tyulkova T.E., Zubikov V.S., Gerasimov I.A., Kaminsky G.D. Human Immunodeficiency Virus in the Focus of Bone Tissue Destruction in Patients With Aseptic Osteonecrosis of the Femoral Head: Two Case Reports. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):94-101. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7989>.

✉ Evgeny O. Peretsmanas e-mail: [peretsmanas58@mail.ru](mailto:peretsmanas58@mail.ru)

Submitted: 13.03.2023. Accepted: 24.04.2023. Published online: 31.07.2023.

© Peretsmanas E.O., Tyulkova T.E., Zubikov V.S., Gerasimov I.A., Kaminsky G.D., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Асептический некроз, или остеонекроз, представляет собой состояние, характеризующееся ишемической гибелью субхондральной кости из-за нарушения артериального кровоснабжения [1]. По данным разных источников, у больных ВИЧ-инфекцией заболеваемость асептическим некрозом от 2,5 до более чем в 100 раз выше, чем в общей популяции [2, 3]. Наиболее частой локализацией асептического некроза у пациентов, пораженных вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ), являются головки бедренных костей [4, 5, 6]. Впервые остеонекроз головки бедренной кости у ВИЧ-инфицированных был зарегистрирован в 1990 г. [7]. В публикациях последних лет приводятся данные о том, что асептический некроз головки бедренной кости является наиболее частой причиной заболеваемости среди ВИЧ-инфицированных [3, 8].

Высказывается много предположений об этиологии и патогенезе асептического некроза у больных ВИЧ-инфекцией. К факторам развития некроза при хронической вирусной инфекции относят некротизирующий васкулит и гиперлипидемию [3]. Некоторые авторы ведущим звеном патогенеза называют антиретровирусную терапию (АРТ), особенно ингибиторами протеазы [9]. Однако сообщения об асептическом некрозе у этой категории больных были зарегистрированы и до эры АРТ, что обуславливает необходимость поиска других причинных факторов [2].

Приведенные исследования диктуют необходимость продолжения изучения роли вируса иммунодефицита человека в этиологии и патогенезе некроза головки бедренной кости у больных ВИЧ-инфекцией в клинической практике.

*Цель исследования* — представить первые клинические наблюдения больных с асептическим некрозом головки бедренной кости, протекающим на фоне ВИЧ-инфекции, у которых выявлена РНК ВИЧ в очаге костного некроза.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования — пациенты, поступившие в отделение костно-суставной патологии ФГБУ «НМИЦ ФПИ» Минздрава России с направительным диагнозом «асептический некроз головки бедренной кости, ассоциированный с ВИЧ-инфекцией». Проанализированы данные ПЦР, микробиологической и гистологической диагностики биологического материала из очагов деструкции в головке бедренной кости, а также данные ПЦР-диагностики биологического материала из большого вертела, полученного при трепанобиопсии.

Для определения РНК ВИЧ из полученного биоматериала использовался коммерческий набор «Экстракция 100» («Вектор-Бест», Россия)

в соответствии с инструкцией производителя. Количественное определение вирусной РНК проводили методом ПЦР-РВ, используя коммерческий набор «Реалбест РНК ВИЧ количественный» («Вектор-Бест», Россия). Микробиологическое исследование на *Mycobacterium tuberculosis* (МБТ), неспецифическую флору и грибы проводилось по стандартным методикам. Параллельно проводилось гистоморфологическое исследование образцов из тех же очагов костной деструкции. При поступлении в стационар изучали данные анамнеза, проводили клинический осмотр с описанием локального статуса, лучевые и лабораторные исследования.

## Клиническое наблюдение 1

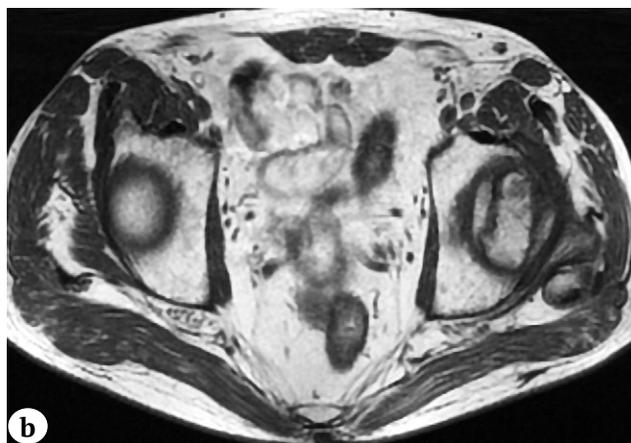
Пациент 54 лет обратился с жалобами на боли в левом тазобедренном суставе, резко усиливающиеся при попытке движений, которые его беспокоят с марта 2021 г. после травмы — вколоченного перелома шейки левой бедренной кости. Нагрузку на сустав ограничивал (ходил с костылями) в течение 8 мес. После рентгенологически подтвержденного сращения перелома пациент возобновил полную нагрузку на ногу, однако в феврале 2022 г. отметил усиление болей. В августе 2022 г. по данным МРТ пациенту установили диагноз — посттравматический асептический некроз головки левой бедренной кости. ВИЧ-инфекция выявлена в 2016 г. Путь передачи — наркотический парентеральный контакт. До поступления получал постоянную схему АРТ с включением этравирина, ламивудина и фосфазида. На протяжении всех лет наблюдения после установления диагноза ВИЧ регистрировалась неопределяемая вирусная нагрузка. В том же 2016 г. был выявлен туберкулез легких, по поводу которого в течение двух лет пациент получал химиотерапию, в апреле 2018 г. перенес операцию в объеме остеопластической торакопластики. В 2019 г. был снят с диспансерного учета. Госпитализирован в НМИЦ ФПИ в сентябре 2022 г. по поводу нарастающего болевого синдрома в области левого тазобедренного сустава.

*Местный статус при поступлении.* Болевой синдром (6 баллов по ВАШ), усиливающийся при активных и пассивных движениях. При ходьбе пользуется тростью, отмечается выраженная хромота. Относительное укорочение левой нижней конечности до 2 см. Гиперемии и припухлости в области левого тазобедренного сустава нет. Местная температура не повышена. Атрофия мышц бедра — 3 см по сравнению с противоположной стороной. Отмечал кратковременный эффект от приема НПВП. На рентгенограммах, КТ и МРТ — признаки асептического некроза головки левой бедренной кости 3В (поздней) стадии по классификации ARCO (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Клинический случай 1. Рентгенограмма таза во фронтальной проекции: некроз головки левой бедренной кости — 3B (поздняя) стадия по классификации ARCO

**Fig. 1.** Clinical case 1. X-ray of the pelvis in frontal projection: osteonecrosis of the left femoral head — stage 3B (late) according to the ARCO classification



**Рис. 2.** Клинический случай 1. МРТ во фронтальной (а) и аксиальной (б) проекциях: некроз головки левой бедренной кости — 3B (поздняя) стадия по классификации ARCO

**Fig. 2.** Clinical case 1. MRI in frontal (a) and axial (b) projections: osteonecrosis of the left femoral head — stage 3B (late) according to the ARCO classification

Результаты биохимических и общих анализов крови — в пределах референсных значений.

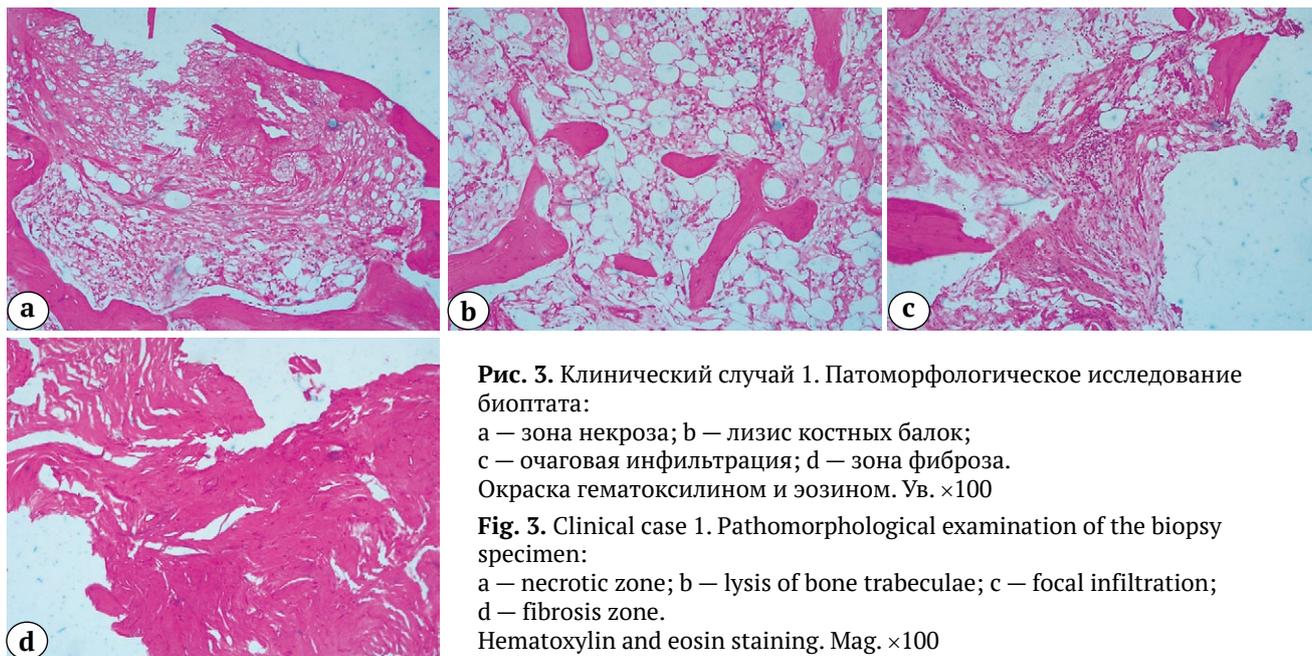
CD4 при поступлении — 1747 кл/мкл, неопределяемая вирусная нагрузка в крови. АРТ продолжена.

Пациенту под флюорографическим контролем выполнена диагностическая трепанобиопсия предполагаемого очага некроза в головке левой бедренной кости и контрольная — из области большого вертела. При патологоанатомическом исследовании биопсийного материала из головки бедренной кости описывается зона некроза костной ткани, лизис костных балок, признаки рассеянной лимфо-лейкоцитарной инфильтрации, умеренного отека. Фокально — костные балки с признаками резорбции, с диффузной лимфогистиоцитарной

инфильтрацией. Признаков гранулематозного воспаления не обнаружено (рис. 3).

При исследовании материала методом ПЦР в материале из головки бедренной кости выделена РНК ВИЧ 7900 копий в мл, в контрольном материале из большого вертела вирусная нагрузка не обнаружена. По данным ПЦР и микробиологического исследования (посевов на питательных средах), патогенной флоры не обнаружено.

Таким образом, у больного ВИЧ-инфекцией, страдающего посттравматическим асептическим некрозом головки левой бедренной кости на фоне антиретровирусной терапии, неопределяемой вирусной нагрузки ВИЧ в крови, выявлена РНК ВИЧ в костном очаге некроза в головке бедренной кости.



**Рис. 3.** Клинический случай 1. Патоморфологическое исследование биоптата:

a — зона некроза; b — лизис костных балок;  
c — очаговая инфильтрация; d — зона фиброза.  
Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×100

**Fig. 3.** Clinical case 1. Pathomorphological examination of the biopsy specimen:

a — fibrosis zone; b — lysis of bone trabeculae; c — focal infiltration;  
d — fibrosis zone.  
Hematoxylin and eosin staining. Mag. ×100

### Клиническое наблюдение 2

Пациент 38 лет с жалобами на постоянные боли в обоих тазобедренных суставах, больше справа. Больным себя считает с 2019 г. Лечился консервативно у невролога по месту жительства с диагнозом «остеохондроз позвоночника» без эффекта. По поводу артралгии повторно обратился только в начале 2022 г. По данным рентгеновского обследования установлен диагноз «асептический некроз головки бедренной кости». Направлен в стационар НМИЦ ФПИ для планового эндопротезирования.

ВИЧ-инфекция выявлена в 2005 г., АРТ получал с 2011 г. по схеме: ламивудин, абакавир, лопинавир/ритонавир. Заражение, со слов пациента, произошло половым путем. РНК ВИЧ в крови за время наблюдения не обнаружена. В 2016 г. получал стационарное лечение с диагнозом «пневмоцистная пневмония, кандидоз пищевода». Во время госпитализации выявлен диссеминированный туберкулез легких. Получал стационарное лечение в течение 8 мес., амбулаторно лечение не продолжал, но наблюдался в противотуберкулезном диспансере по месту жительства. Обследован в противотуберкулезном диспансере в июле 2022 г. Результаты посевов мокроты от 06.07.22 г. на МБТ — роста не выявлено, диаскинтест отрицательный. КТ органов грудной клетки от 13.07.22 г. — без патологических изменений. Заключение: клиническое излечение диссеминированного туберкулеза легких. Другие сопутствующие заболевания: хронический панкреатит, гастродуоденит, пиелонефрит. Вредные привычки: курит с 12 лет, последнее время — полторы пачки сигарет в день.

При поступлении визуально припухлости и гиперемии кожных покровов в области тазобедренных суставов не отмечалось. При пальпации — локальная и осевая болезненность в проекции головки правой бедренной кости. Объем движений в правом тазобедренном суставе ограничен — наружное отведение 10°. Боль по ВАШ 5–6 баллов. Левый тазобедренный сустав безболезненный, движения в нем в полном объеме. Укорочение правой нижней конечности на 2,0 см. На рентгенограммах и КТ — признаки двухстороннего асептического некроза головок бедренных костей, больше выражены справа — 3В стадия по ARCO (рис. 4, 5). В анализах крови отмечается ускорение СОЭ до 58 мм/ч., остальные результаты — в пределах референсных значений.

Иммунный статус СД4 от 23.05.2022 г.: 23% — 627 кл/мкл, РНК ВИЧ в крови не обнаружена.

Заключение инфекциониста: ВИЧ-инфекция, стадия 4В, фаза ремиссии на фоне АРТ.

Пациенту под флюорографическим контролем выполнены диагностическая трепанобиопсия предполагаемого очага некроза в головке левой бедренной кости и контрольная трепанобиопсия из области большого вертела. При патологоанатомическом исследовании биопсийного материала из головки бедренной кости выявлены костные балки с признаками резорбции с диффузной лимфогистиоцитарной инфильтрацией, очаговым фиброзом. Признаков гранулематозного воспаления не обнаружено. При исследовании методом ПЦР-диагностики в материале из головки бедренной кости выделена РНК ВИЧ 22000 копий в мл, в контрольном материале из большого вертела —

9400 копий в мл. По данным ПЦР и культурально-го исследования (посевов на питательных средах), патогенной флоры не обнаружено.

В приведенном клиническом наблюдении у ВИЧ-больного, страдающего двухсторонним асептическим некрозом головок бедренных костей на фоне антиретровирусной терапии, неопределяемой вирусной нагрузки ВИЧ в крови, выявлена РНК ВИЧ в костном очаге некроза головки правой бедренной кости. В контрольном биоптате из области костной структуры правого большого вертела РНК вируса обнаружена также, но в значительно меньшей концентрации.



**Рис. 4.** Клинический случай 2. КТ таза, реконструкция в аксиальной проекции — двусторонний некроз головок бедренных костей: справа — 3B (поздняя) стадия по ARCO, слева — 3A (ранняя) стадия по ARCO

**Fig. 4.** Clinical case 2. CT scan of the pelvis, axial reconstruction — bilateral osteonecrosis of the femoral heads: right — stage 3B (late) according to ARCO, left — stage 3A (early) according to ARCO



**Рис. 5.** Клинический случай 2. Рентгенограмма во фронтальной проекции — двусторонний асептический некроз головок бедренных костей: справа — 3B (поздняя) стадия по ARCO

**Fig. 5.** Clinical case 2. X-ray in frontal projection — bilateral aseptic osteonecrosis of the femoral heads: right — stage 3B (late) according to ARCO

Таким образом, у обоих пациентов в костных биоптатах из очагов некроза в головке бедренной кости была определена РНК ВИЧ. У одного пациента РНК ВИЧ определена в том числе и в костной ткани большого вертела, причем в очаге деструкции в головке показатели были значительно выше. Учитывая тот факт, что у обоих пациентов на момент госпитализации в крови вирусная нагрузка не определялась, наличие РНК ВИЧ в очагах некроза может косвенно служить доказательством причастности ВИЧ к развитию локального деструктивного процесса в тазобедренных суставах.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время возрастает внимание к ортопедическим проблемам больных ВИЧ-инфекцией. Тем не менее отмечается отсутствие четких представлений об этиологии и патогенезе развития некротических процессов суставообразующих костных структур, в том числе при часто встречающихся у данных пациентов некрозах головки бедренной кости.

Подавляющее большинство пациентов поступает в стационары с диагнозом «асептический (аваскулярный) некроз», установленным только по данным лучевых исследований, и без углубленной этиологической диагностики подвергаются стандартной методике эндопротезирования. В то же время рядом авторов отмечается большее количество гнойных осложнений и ревизионных операций эндопротезирования у ВИЧ-больных с этой патологией по сравнению с общей популяцией [1, 3, 5, 10, 11]. Нарушение липидного обмена, снижение минеральной плотности костей, на которые ссылаются авторы, далеко не всегда в полной мере коррелируют с возникновением осложнений [1, 3, 5].

После того как в 1987 г. R.H. Withrington с соавторами сообщили о выделении ВИЧ из синовиальной жидкости пациента с ВИЧ-ассоциированным олигоартритом [12], появились основания предполагать прямое воспалительное действие вируса иммунодефицита на костно-суставную систему. S.L. Lamers с соавторами в 2016 г. сообщили о том, что ДНК ВИЧ часто присутствует в патологических тканях, полученных при вскрытии умерших пациентов с неопределяемой вирусной нагрузкой, получавших комбинированную антиретровирусную терапию [13], что косвенно подтверждает возможность депонирования вируса в костной ткани.

В качестве доказательств гипотезы о прямом воспалительном воздействии ВИЧ на костно-суставную систему приводятся новые факты обнаружения в синовиальной жидкости пораженных суставов антигена р24, ДНК ВИЧ и туборетикулярных включений [13], что может указывать на вирусную этиологию воспаления. В частности, антиген р24 был обнаружен в суставах на уровне,

в десять раз превышающем уровень в сыворотке крови [10]. В. Raynaud-Messina с соавторами в 2018 г. предоставили первое экспериментальное свидетельство того, что остеокласты являются резервуаром для вируса ВИЧ. Их исследования на лабораторных животных показали прямое разрушающее действие ВИЧ-1 на структуру и функцию остеокластов [14].

В наших наблюдениях у обоих пациентов, больных ВИЧ-инфекцией, в очагах костной деструкции костной ткани обнаружены РНК ВИЧ. В тот же временной промежуток в крови и в контрольном биоптате из большого вертела вирусная нагрузка либо не определялась, либо была значительно меньше. Такое избирательное депонирование вируса в очаге деструкции позволяет предположить прямое вирусное воздействие на механизм воспаления, что соотносится с мнением некоторых авторов [11, 15].

Предположение о непосредственном контактом воздействии вируса иммунодефицита на костную ткань, с нашей точки зрения, могло бы позволить по-новому взглянуть на проблему и сформировать алгоритмы диагностики и лечения. При доказанном наличии вирусного «депо» в зоне некроза, очевидно, следует говорить не об асептическом некрозе, а о вирусном артрите и о соответствующей тактике лечения с возможным применением двухэтапных методик эндопротезирования. Полученные и продемонстрированные нами факты обнаружения РНК ВИЧ человека

непосредственно в зоне костного некроза в связи с малой выборкой не позволяют достоверно судить о частоте встречаемости внутрисуставной локализации вируса, но свидетельствуют в пользу необходимости дальнейшего изучения спектра инфекционных агентов при помощи операционных инвазивных методик у больных ВИЧ-инфекцией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные наблюдения показали наличие РНК ВИЧ в очагах деструкции кости при асептическом некрозе головки бедренной кости у больных ВИЧ-инфекцией при отсутствии вируса или значительном снижении его количества в анатомически близких от очага костных структурах (большой вертел) при неопределяемой вирусной нагрузке крови. Это позволяет предположить влияние вируса иммунодефицита на развитие местного воспалительного процесса в суставе, что, в свою очередь, может влиять на исходы эндопротезирования. Приведенные исследования диктуют необходимость продолжения изучения роли ВИЧ в этиологии и патогенезе различных заболеваний костно-суставной системы у больных ВИЧ-инфекцией в клинической практике.

Необходимо отметить, что наличие вируса ВИЧ в зоне поражения кости несет определенные риски для хирургической бригады при выполнении хирургического вмешательства, несмотря на неопределяемую вирусную нагрузку в крови.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Перецманас Е.О. — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов исследования, написание и редактирование текста статьи.

Тюлькова Т.Е. — анализ и интерпретация результатов исследования, редактирование текста статьи.

Зубиков В.С. — сбор и обработка данных, редактирование текста статьи.

Герасимов И.А. — сбор и обработка данных, поиск и анализ источников литературы.

Каминский Г.Д. — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов исследования.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

Peretsmanas E.O. — study concept and design, data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

Tyulkova T.E. — data analysis and interpretation, drafting the article.

Zubikov V.S. — data collection and processing, drafting the article

Gerasimov I.A. — data collection and processing, literature search and analysis.

Kaminsky G.D. — study concept and design, data analysis and interpretation.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Этическая экспертиза.** Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ФПИ» Минздрава России, протокол № 17 от 25.08.2022.

**Информированное согласие на публикацию.** Пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию медицинских данных и фотографий.

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee of Medical Research Center of Phthisiopulmonology and Infectious Diseases, protocol No 17, 25.08.2022.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Manzotti A., Larghi M., Placenza E., Susini F., Grassi M. Postoperative outcomes in total hip arthroplasty following femoral head avascular necrosis in HIV-positive patients. *Acta Biomed.* 2021;92(5):e2021296. doi: 10.23750/abm.v92i5.9917.
- Reddy R., Daftary M.N., Delapenha R., Dutta A., Oliver J., Frederick W. Avascular necrosis and protease inhibitors. *J Natl Med Assoc.* 2005;97(11):1543-1546.
- Pisanu F., Fiore V., Corradi M., Esposito E., Maida I., Caggiari G. et al. Joint replacement for avascular necrosis in people living with HIV. *Acta Biomed.* 2022;92(S3):e2021560. doi: 10.23750/abm.v92iS3.12551.
- Morse C.G., Mican J.M., Jones E.C., Joe G.O., Rick M.E., Formentini E. et al. The incidence and natural history of osteonecrosis in HIV-infected adults. *Clin Infect Dis.* 2007;44(5):739-748. doi: 10.1086/511683.
- Zhao C.S., Li X., Zhang Q., Sun S., Zhao R.G., Cai J. Early Outcomes of Primary Total Hip Arthroplasty for Osteonecrosis of the Femoral Head in Patients with Human Immunodeficiency Virus in China. *Chin Med J (Engl).* 2015;128(15):2059-2064. doi: 10.4103/0366-6999.161364.
- Issa K., Naziri Q., Rasquinha V., Maheshwari A.V., Delanois R.E., Mont M.A. Outcomes of cementless primary THA for osteonecrosis in HIV-infected patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(20):1845-1850. doi: 10.2106/JBJS.L.01583.
- Goorney B.P., Lacey H., Thurairajasingam S., Brown J.D. Avascular necrosis of the hip in a man with HIV infection. *Genitourin Med.* 1990;66(6):451-452. doi: 10.1136/sti.66.6.451.
- Green K.R., Hernandez-Jimenez J.M., Isache C.L., Jacob R. Avascular necrosis: a growing concern for the HIV population. *BMJ Case Rep.* 2018;2018:bcr2017221678. doi: 10.1136/bcr-2017-221678.

- Permpalung N., Ungprasert P., Summachiwakij S., Leeaphorn N., Knight E.L. Protease inhibitors and avascular necrosis: a systematic review and meta-analysis. *Int J Antimicrob Agents.* 2014;44(2):93-95. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2014.02.011.
- Adizie T., Moots R.J., Hodkinson B., French N., Adebajo A.O. Inflammatory arthritis in HIV positive patients: A practical guide. *BMC Infect Dis.* 2016;16:100. doi: 10.1186/s12879-016-1389-2.
- Ganji R., Dhali S., Rizvi A., Rapole S., Banerjee S. Understanding HIV-Mycobacteria synergism through comparative proteomics of intra-phagosomal mycobacteria during mono- and HIV co-infection. *Sci Rep.* 2016;6:22060. doi: 10.1038/srep22060.
- Withrington R.H., Cornes P., Harris J.R., Seifert M.H., Berrie E., Taylor-Robinson D. et al. Isolation of human immunodeficiency virus from synovial fluid of a patient with reactive arthritis. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1987;294(6570):484. doi: 10.1136/bmj.294.6570.484.
- Lamers S.L., Rose R., Maidji E., Agsalda-Garcia M., Nolan D.J., Fogel G.B. et al. HIV DNA Is Frequently Present within Pathologic Tissues Evaluated at Autopsy from Combined Antiretroviral Therapy-Treated Patients with Undetectable Viral Loads. *J Virol.* 2016;90(20):8968-8983. doi: 10.1128/JVI.00674-16.
- Raynaud-Messina B., Bracq L., Dupont M., Souriant S., Usmani S.M., Proag A. et al. Bone degradation machinery of osteoclasts: An HIV-1 target that contributes to bone loss. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2018;115(11):E2556-E2565. doi: 10.1073/pnas.1713370115.
- Liebenberg C., Luies L., Williams A.A. Metabolomics as a Tool to Investigate HIV/TB Co-Infection. *Front Mol Biosci.* 2021;8:692823. doi: 10.3389/fmolb.2021.692823.

### Сведения об авторах

✉ **Перецманас Евгений Оркович** — д-р мед. наук  
Адрес: Россия, 127473, г. Москва, ул. Достоевского, д. 4.  
<https://orcid.org/0000-0001-7140-3200>  
e-mail: peretsmanas58@mail.ru

**Тюлькова Татьяна Евгеньевна** — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2292-1228>  
e-mail: tulkova@urniif.ru

**Зубиков Владимир Сергеевич** — д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0002-2211-8400>  
e-mail: zubikovvladimir@gmail.com

**Герасимов Илья Александрович**  
<https://orcid.org/0000-0003-4388-155X>  
e-mail: gerial36@yandex.ru

**Каминский Григорий Дмитриевич** — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-3016-6920>  
e-mail: kaminskigd@nmrc.ru

### Authors' information

✉ **Evgeny O. Peretsmanas** — Dr. Sci. (Med.)  
Address: 4, st. Dostoevsky, Moscow, 127473, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-7140-3200>  
e-mail: peretsmanas58@mail.ru

**Tatiana E. Tyulkova** — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2292-1228>  
e-mail: tulkova@urniif.ru

**Vladimir S. Zubikov** — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0002-2211-8400>  
e-mail: zubikovvladimir@gmail.com

**Ilya A. Gerasimov**  
<https://orcid.org/0000-0003-4388-155X>  
e-mail: gerial36@yandex.ru

**Grigory D. Kaminsky** — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-3016-6920>  
e-mail: kaminskigd@nmrc.ru



## Замещение дефектов вертлужной впадины и бедренной кости с использованием импакционной костной пластики при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: клинический случай

В.Н. Гольник<sup>1</sup>, В.А. Пелеганчук<sup>1</sup>, Ю.М. Батрак<sup>1</sup>, В.В. Павлов<sup>2</sup>,  
И.А. Кирилова<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Основными причинами ревизионных вмешательств после эндопротезирования тазобедренных суставов в течение многих лет остаются асептическое расшатывание и остеолит, которые приводят к образованию дефектов костной ткани различной протяженности и локализации. С учетом относительно молодого возраста пациентов, подвергающихся ревизии, особый интерес представляют методы биологической реставрации костной ткани, например импакционная костная пластика.

**Целью** сообщения является демонстрация отсроченного результата импакционной костной пластики при замещении дефектов вертлужной впадины и бедренной кости в ходе ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава.

**Описание случая.** Представлен сложный клинический случай лечения пациента 62 лет с дефицитом костной ткани в области вертлужной впадины ПА типа по Paprosky и проксимального отдела бедренной кости типа II по Paprosky с асептическим расшатыванием ацетабулярного и бедренного компонентов эндопротеза. В ходе ревизионного эндопротезирования с использованием компонентов эндопротеза цементной фиксации выполнена импакционная костная пластика вертлужной впадины и бедренной кости с аугментацией реконструктивной сеткой наацетабулярного массива по технологии Stryker X-Change. В качестве костнопластического материала использована аллокость, заготовленная с помощью метода термодезинфекции. Срок наблюдения составил 4 года. Контрольные рентгенограммы демонстрируют восстановление центра ротации тазобедренного сустава и костного массива в области дефектов тазовой и бедренной костей, отсутствие резорбции костнопластического материала и миграции эндопротеза. При клинической оценке состояния по шкале Harris отмечено улучшение с 34 до 85 баллов.

**Заключение.** Среднесрочные результаты показали эффективность импакционной костной пластики с использованием аллокости, заготовленной методом термодезинфекции.

**Ключевые слова:** импакционная костная пластика, ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава, костный дефект, аллокость, костнопластический материал.

**Для цитирования:** Гольник В.Н., Пелеганчук В.А., Батрак Ю.М., Павлов В.В., Кирилова И.А. Замещение дефектов вертлужной впадины и бедренной кости с использованием импакционной костной пластики при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):102-109. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8008>.

Кирилова Ирина Анатольевна; e-mail: irinakirilova71@mail.ru

Рукопись получена: 08.04.2023. Рукопись одобрена: 16.05.2023. Статья опубликована онлайн: 04.08.2023.

© Гольник В.Н., Пелеганчук В.А., Батрак Ю.М., Павлов В.В., Кирилова И.А., 2023



## Reconstruction of Acetabular and Femoral Bone Defects With Impaction Bone Grafting in Revision Hip Arthroplasty: A Case Report

Vadim N. Golnik<sup>1</sup>, Vladimir A. Peleganchuk<sup>1</sup>, Yuriy M. Batrak<sup>1</sup>, Vitaliy V. Pavlov<sup>2</sup>, Irina A. Kirilova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Barnaul, Russia

<sup>2</sup> Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

### Abstract

**Background.** For many years, the main reasons for revision surgeries after hip arthroplasty remain aseptic loosening and osteolysis, which lead to formation of bone defects of various size and localization. Given the relatively young age of patients undergoing revision, the methods of biological restoration of the bone tissue, such as impaction bone grafting (IBG), are of particular interest.

**Aim of the report** – to demonstrate the delayed outcome of impaction bone grafting using compacted morselized bone allograft.

**Case presentation.** Complicated clinical case of a 62-year-old patient with Paprosky type IIA bone deficiency in the acetabulum and Paprosky type II bone deficiency in the proximal femur with aseptic loosening of the acetabular and femoral components of the hip prosthesis is presented. During revision arthroplasty with cemented components, IBG of the acetabulum and femur was performed with a reconstructive mesh augmentation of the acetabulum using Stryker X-Change technology. Bone allograft prepared with the use of heat disinfection method served as an osteoplastic material. Follow-up period was 4 years. Control X-rays demonstrate restoration of the center of rotation of the hip, presence of bone masses in the areas of pelvic and femoral bone defects, absence of osteoplastic material resorption and migration of implants during the follow-up period. Clinical assessment shows an improvement of the Harris Hip Score from 34 to 85 points.

**Conclusion.** Obtained results showed the efficacy of impaction bone grafting with the bone allograft prepared with the use of heat disinfection method in the mid-term period.

**Keywords:** impaction bone grafting, revision hip arthroplasty, bone defect, bone allograft, osteoplastic material.

---

**Cite as:** Golnik V.N., Peleganchuk V.A., Batrak Yu. M., Pavlov V.V., Kirilova I.A. Reconstruction of Acetabular and Femoral Bone Defects With Impaction Bone Grafting in Revision Hip Arthroplasty: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):102-109. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8008>.

✉ Irina A. Kirilova; e-mail: irinakirilova71@mail.ru

Submitted: 08.04.2023. Accepted: 16.05.2023. Published online: 04.08.2023.

© Golnik V.N., Peleganchuk V.A., Batrak Yu. M., Pavlov V.V., Kirilova I.A., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Количество операций ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава ежегодно увеличивается. Данный вид вмешательства отличается более высокой стоимостью по сравнению с первичным эндопротезированием за счет необходимости большого запаса разнообразных имплантатов, соответствующей инструментальной поддержки, применения аддитивных технологий, костной пластики, а также потребности в специалистах, владеющих технологией ревизионной артропластики, что в итоге отражается на экономических затратах [1, 2]. Эта тенденция характерна как для стран с интенсивным развитием первичного эндопротезирования, так и тех, где существенного прироста не отмечается. В первом случае, несмотря на низкий темп прироста ревизионных артропластик, общее количество таких операций ежегодно увеличивается [3]. Во втором случае прирост ревизионных вмешательств существенно выше по сравнению с первичными [1]. Отдаленные результаты ревизионных операций характеризует более высокий уровень осложнений. Пятилетняя выживаемость после различных ревизий колеблется от 67,0 до 84,8% [4]. Основными причинами ревизионных вмешательств после эндопротезирования тазобедренных суставов в течение многих лет остаются асептическое расшатывание и остеолит, которые приводят к образованию дефектов костной ткани различной протяженности и локализации [1, 3, 5, 6, 7, 8]. С учетом относительно молодого возраста пациентов, подвергающихся ревизии, особый интерес представляют методы биологической реставрации костной ткани, например импакционная костная пластика (ИКП) [9].

**Целью** сообщения является демонстрация отсроченного результата импакционной костной пластики при замещении дефектов вертлужной впадины и бедренной кости в ходе ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава.

## ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Пациент 62 лет поступил с жалобами на боли в области левого тазобедренного сустава, выраженное ограничение движений в нем, укорочение левой ноги и хромоту.

**Status localis.** Передвигается самостоятельно при помощи костылей. Расстояние, которое способен пройти, не превышает 300 м. При осмотре выявлено относительное укорочение левой нижней конечности на 2 см. Оценка по шкале Harris — 34 балла.

**Анамнез.** Эндопротезирование левого тазобедренного сустава эндопротезом W. Link цементной фиксации выполнено 13 лет назад, в послеоперационном периоде — вывихи бедренного

компонента, по поводу которых было выполнено ревизионное вмешательство с заменой тазового компонента. Боли в области левого тазобедренного сустава периодически беспокоят в течение 11 лет, постепенно прогрессируя. Сформировалось ограничение движений и укорочение. Два года назад в связи с выраженным болевым синдромом и превалирующей дисфункцией было выполнено эндопротезирование правого тазобедренного сустава с использованием эндопротеза SL-Plus/R3 (Smith&Nephew) по поводу асептического некроза головки бедренной кости.

**Сопутствующий диагноз.** Гипертоническая болезнь 3 стадии, медикаментозно достигнутая степень АГ 1, риск 4. ИБС: преходящая АВ блокада 1 ст. ЭКС (2017). ХСН 1 ФК 2. Варикозная болезнь нижних конечностей, ХВН 1, ПТФС подвздошно-бедренного сегмента слева, подколенно-берцового сегмента справа, осложненный ТЭЛА. Состояние после установки постоянного коа-филтра (2011).

На предоперационной рентгенограмме (рис. 1) от 30.07.2018 г. определялось:

- расшатывание тазового компонента эндопротеза левого тазобедренного сустава, дефект типа IIА по Paprosky [10];
- расшатывание и проседание бедренного компонента левого тазобедренного сустава, тип II дефекта бедренной кости по Paprosky [11];
- варусное ремоделирование бедренного канала слева;
- гетеротопическая оссификация левого тазобедренного сустава 3 ст. по Brooker [12];
- замещенный эндопротезом правый тазобедренный сустав.



**Рис. 1.** Обзорная рентгенограмма таза до ревизионного вмешательства на левом тазобедренном суставе (объяснение в тексте)

**Fig. 1.** Plain pelvis X-ray before revision of the left hip (explanation in the text)

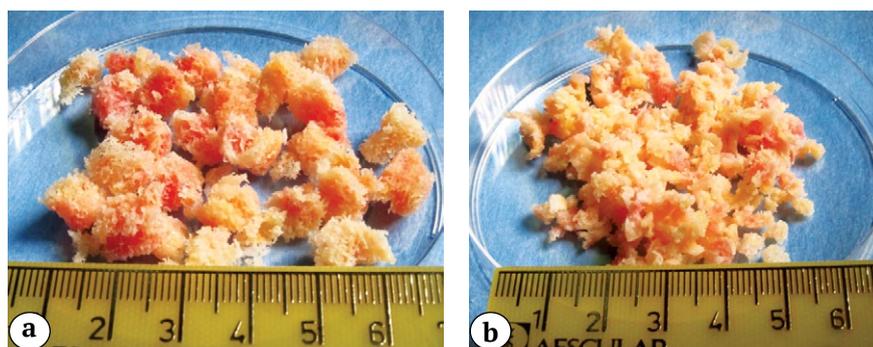
В предоперационном периоде выполнена пункция левого тазобедренного сустава с последующим цитологическим и микробиологическим исследованием аспирата синовиальной жидкости. Данных, свидетельствующих о наличии инфекционного процесса в суставе, не получено.

02.08.2018 г. выполнено ревизионное эндопротезирование левого тазобедренного сустава с использованием эндопротеза Stryker Exeter; ИКП вертлужной впадины и проксимального отдела бедренной кости аллокостью с аугментацией надацетабулярного массива реконструктивной сеткой.

Доступ выполнен по старому послеоперационному рубцу по передненаружной поверхности бедра. Выделена, отсечена и отведена с помощью инструментария передняя порция средней ягодичной мышцы. Из рубцовых тканей и костных напластований выделены ложе и компоненты эндопротеза. При ревизии компоненты ножка и вертлужный компонент эндопротеза абсолютно нестабильны. Бедренный компонент выведен

в рану и удален. Вертлужный компонент удален без технических трудностей. При осмотре тканей выявленных воспалительных изменений не определяется. Впадина и бедренный канал освобождены от рубцовых тканей, грануляций, фиброзной мембраны. При осмотре определяется сегментарный дефект заднего края вертлужной впадины, однако в целом ограниченность сохранена, по классификации AAOS [13] расценен как тип III. Сегментарный дефект перекрыт с помощью реконструктивной сетки с фиксацией ее двумя винтами.

С целью замещения костного дефекта подготовлен костнопластический материал из госпитального костного банка в виде костной крошки из аллокости 8–10 мм в диаметре для ацетабулярной пластики и 5–6 мм — для бедренной ИКП (рис. 2). Размер и качество костной крошки имеют значение для ранней механической стабильности импактированного массива аллокости. При этом частицы должны быть самого большого размера, который может быть импактирован между стенками кости вертлужной впадины и импактором.



**Рис. 2.** Изготовление костной крошки:

а — для ИКП вертлужной впадины;  
 б — для ИКП бедренной кости, подготовленной с помощью костной мельницы

**Fig. 2.** Production of bone chips:  
 а — for acetabular IBG;  
 б — for femoral IBG prepared with a bone mill

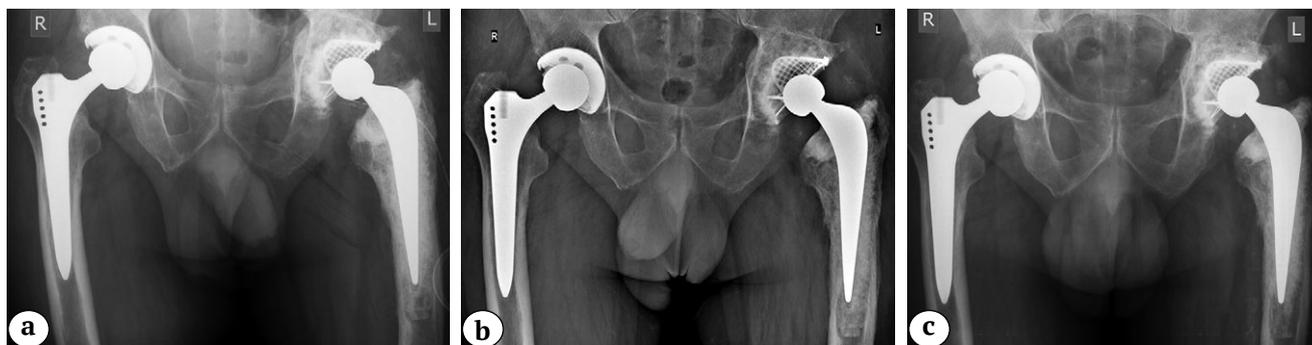
ИКП вертлужной впадины выполнена с помощью ревизионного инструментария Stryker X-Change\*. После восстановления объема костной массы на цементной основе произведена имплантация вертлужного компонента Stryker Contemporary 58 мм. С помощью ревизионного инструментария Stryker X-Change произведена импакционная пластика бедренной кости на импакторе № 4 с офсетом 44. Выполнена проба вправления с головкой -4 (32 мм). Тестирование на стабильность сустава — вывихов нет. Имплантирована ножка Stryker Exeter в подготовленное ложе на цементной основе. После застывания цемента выполнена фиксация головки -4 (32 мм) на шейку бедренного компонента на постоянной основе. Эндопротез собран в ране. Произведено послойное ушивание операционной раны, наложена асептическая повязка.

На контрольной рентгенограмме от 03.08.2018 г. после выполненного ревизионного эндопротезирования и реконструкции вертлужной впадины с применением сетки и ИКП, реконструкции проксимального отдела бедренной кости с помощью ИКП и использованием цементной ножки Stryker Exeter костнопластический материал равномерно заполняет вертлужную впадину. Задний край впадины аугментирован реконструктивной сеткой, расположение бедренного компонента правильное, параллельно оси бедренной кости; заполнение бедренного канала костнопластическим материалом равномерное, одинаковой интенсивности во всех зонах. Рентгенопрозрачных линий на границе «костнопластический материал — цемент» не наблюдается (рис. 3а).

\* [https://www.bizwan.com/\\_mydoc/stryker/Hip/049%20X-change%20Revision%20Instruments%20Surgical%20Technique%20-%20Femur%20and%20Acetabulum.pdf](https://www.bizwan.com/_mydoc/stryker/Hip/049%20X-change%20Revision%20Instruments%20Surgical%20Technique%20-%20Femur%20and%20Acetabulum.pdf)

В послеоперационном периоде пациент активизирован, проведен 1-й этап реабилитации. Осложнений не было. Пациент выписан на 14-е сут. после операции с рекомендацией дозированной нагрузки на оперированную конечность в течение 12 нед. Результаты ревизионной операции через 4 мес. и через 4 года представлены на рисунках 3b и 3c соответственно.

При клиническом осмотре пациент не предъявляет жалоб на боли. Имеется легкая хромота. Пациент передвигается самостоятельно без средств опоры, при совершении длительных прогулок периодически использует трость, не испытывает серьезных социальных и бытовых ограничений. Оценка по шкале Harris — 85 баллов.



**Рис. 3.** Обзорные рентгенограммы таза после ревизионного вмешательства на левом тазобедренном суставе: а — контрольная рентгенограмма сразу после операции (02.08.2018): отмечается равномерное распределение костнопластического материала, восстановление центра ротации сустава; б — через 4 мес. (24.12.2018): положение компонентов прежнее, миграции тазового и бедренного компонентов не наблюдается, состояние костнопластического материала удовлетворительное, без признаков резорбции, отсутствие рентгенопрозрачных линий на границе «костнопластический материал — цемент»; в — через 4 года (24.10.2022): рентгенологические признаки перестройки костнопластического материала в тазовой и бедренной костях, отсутствуют линии просветления на границе «костнопластический материал — цемент», положение компонентов эндопротеза прежнее — без признаков миграции или проседания

**Fig. 3.** Plain pelvis X-rays after the left hip revision:

а — control X-ray immediately after the surgery (02/08/2018): even distribution of osteoplastic material, restoration of the center of rotation of the joint;  
 б — 4 months after the surgery (24/12/2018): position of components remains unchanged, no migration of the acetabular and femoral components is observed, the state of osteoplastic material is satisfactory with no signs of resorption; radiolucent lines at the osteoplastic material-cement interface are absent;  
 в — 4 years after the surgery (24/10/2022): X-ray signs of restructuring of osteoplastic material in the pelvic and femoral bones, radiolucent lines at the osteoplastic material-cement interface are absent, position of components remains unchanged with no signs of migration or subsidence

## ОБСУЖДЕНИЕ

Для восполнения дефицита костной ткани в настоящее время существуют различные способы, начиная от заполнения дефектов костным цементом, применения различных модульных систем с металлическими аугментами, заканчивая использованием индивидуальных 3D-конструкций [14, 15]. Очень важно минимизировать костный дефицит, особенно у молодых пациентов, и попытаться восполнить костную массу. В действительности из множества техник только одна позволяет отчасти решить эту проблему — это ИКП с использованием аллогенной кости [16].

Целью ИКП является достижение стабильной фиксации имплантата с использованием уплотнения измельченной аллокости, а в последующем — обеспечение условий для репаративной регенерации путем постепенного замещения аллогенной

кости собственной костью пациента. Это достаточно привлекательная методика, позволяющая рассчитывать на восстановление костной ткани как структурно, так и функционально. С другой стороны, это сложный баланс между достижением первичной стабильной фиксации имплантата и длительным биологическим процессом перестройки аллогенной кости [17, 18, 19, 20].

Исход ревизионного эндопротезирования всегда хуже, чем после первичного эндопротезирования. Остающаяся после удаления первичного имплантата гладкая эндостальная поверхность не позволяет достичь надежной фиксации костного цемента на поверхности, что приводит к раннему расшатыванию эндопротеза цементной фиксации. ИКП решает эту проблему, что подтверждается отдаленными результатами [21, 22, 23, 24].

Применение ИКП возможно при определенных условиях в костной ране. Во-первых, аллокость должна удерживаться внутри костного дефекта; во-вторых, должна быть структурной и способной выдерживать механическую нагрузку; в-третьих, создавать условия для цементной техники и надежной фиксации цементируемого тазового компонента эндопротеза. Создание подобных условий возможно при определенной форме костного дефекта области вертлужной впадины — самым важным критерием является его ограниченность. При первичной патологии примером подобных дефектов является протрузия дна вертлужной впадины в случаях системных заболеваний соединительной ткани или посттравматических дефектов [22, 25, 26].

Обязательным условием для проведения ИКП является сохранность опорных структур таза: передней и задней колонн (дефекты типов ПА, ПВ по классификации W.G. Paprosky). При этом костные дефекты кавитарного характера, имеющие незначительный сегментарный дефицит (тип III по AAOS), могут быть переведены в полностью ограниченные с помощью реконструктивных сеток. В этом случае применение ИКП также возможно [21, 22].

Одним из ключевых моментов успешного выполнения пластики костного дефекта является качественная подготовка костнопластического материала [27, 28, 29]. Исследования показали, что костные фрагменты размером 8–10 мм в диамет-

ре обеспечивают лучшую исходную стабильность [21, 30]. Другое преимущество крупных частиц в том, что они формируют более пористый и более проницаемый компактно утрамбованный слой кости. Это важно, поскольку сниженная пористость может затруднить образование новой кости в уплотненных костных массах. Кроме того, сравнение вставления кости в уплотненный материал с неидеальным распределением частиц по размерам (неидеальное распределение гарантирует на каждом уровне, что пустоты между более крупными частицами открыты и не заполнены более мелкими частицами) с идеальным распределением частиц показали повышенное образование костной ткани [31, 32].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный нами клинический пример импакционной костной пластики с помощью материала из головки бедренной аллокости, приготовленного методом термодезинфекции, показывает возможность восстановления костной ткани при дефектах. Показана ее эффективность в достаточно нетривиальном случае, когда костная пластика выполнена как в ацетабулярной области, так и в проксимальном отделе бедренной кости. Требуется дальнейшие исследования для подтверждения эффективности импакционной костной пластики при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава в условиях дефицита костной ткани.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Golnik V.N.* — treatment of patient, study concept and design, data collection and processing, the analysis of data, the drafting of the article.

*Peleganchuk V.A.* — data analysis and interpretation, drafting the article.

*Batrak Yu.M.* — data collection and processing, literature search and analysis, writing the article.

*Pavlov V.V.* — data analysis and interpretation, drafting the article.

*Kirilova I.A.* — the literature search and analysis, the analysis and interpretation of data, the drafting of the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Гольник В.Н.* — лечение пациента, концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, анализ полученных данных, редактирование текста статьи.

*Пелеганчук В.А.* — анализ полученных данных, редактирование текста статьи.

*Батрак Ю.М.* — сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи.

*Павлов В.В.* — анализ полученных данных, редактирование текста статьи.

*Кирилова И.А.* — обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных и изображений.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Gwam C.U., Mistry J.B., Mohamed N.S., Thomas M., Bigart K.C., Mont M.A. et al. Current epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States: National Inpatient Sample 2009 to 2013. *J Arthroplasty*. 2017;32(7):2088-2092. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.046.
- Kurtz S.M., Lau E.C., Ong K.L., Adler E.M., Kolisek F.R., Manley M.T. Which clinical and patient factors influence the national economic burden of hospital readmissions after total joint arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(12):2926-2937. doi: 10.1007/s11999-017-5244-6.
- Patel A., Pavlou G., Mújica-Mota R.E., Toms A.D. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset. *Bone Joint J*. 2015;97-B(8):1076-1081. doi: 10.1302/0301-620X.97B8.35170.
- Jafari S.M., Coyle C., Mortazavi S.M., Sharkey P.F., Parvizi J. Revision hip arthroplasty: infection is the most common cause of failure. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(8):2046-2051. doi: 10.1007/s11999-010-1251-6.
- Kummerant J., Wirries N., Derksen A., Budde S., Windhagen H., Floerkemeier T. The etiology of revision total hip arthroplasty: current trends in a retrospective survey of 3450 cases. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(9):1265-1273. doi: 10.1007/s00402-020-03514-3.
- Kerzner B., Kunze K.N., O'Sullivan M.B., Pandher K., Levine B.R. An epidemiological analysis of revision aetiologies in total hip arthroplasty at a single high-volume centre. *Bone Jt Open*. 2021;2(1):16-21. doi: 10.1302/2633-1462.21.BJO-2020-0171.R1.
- Руководство по хирургии тазобедренного сустава. Под ред. Р.М. Тихилова, И.И. Шубняка. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2014. Т. 1. с. 221-256.  
Hip Surgery Guide. Ed. by R.M. Tikhilov, I.I. Shubnyakov. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2014. Vol. I. p. 221-256. (In Russian).
- Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Денисов А.О. Классификации дефектов вертлужной впадины: дают ли они объективную картину сложности ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава? (критический обзор литературы и собственных наблюдений). *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):122-141. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.  
Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Denisov A.O. Classifications of Acetabular Defects: Do They Provide an Objective Evidence for Complexity of Revision Hip Joint Arthroplasty? (Critical Literature Review and Own Cases). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(1):122-141. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-122-141.
- Colo E., Rijnen W.H., Schreurs B.W. The biological approach in acetabular revision surgery: impaction bone grafting and a cemented cup. *Hip Int*. 2015;25(4):361-367. doi: 10.5301/hipint.5000267.
- Paprosky W.G., Perona P.G., Lawrence J.M. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty. a 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty*. 1994;9(1):33-44. doi: 10.1016/0883-5403(94)90135-x.
- Valle C.J., Paprosky W.G. Classification and an algorithmic approach to the reconstruction of femoral deficiency in revision total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A Suppl 4:1-6. doi: 10.2106/00004623-200300004-00001.
- Brooker A.F., Bowennan J.W., Robinson R.A., Riley L.H. Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am*. 1973;55(8):1629-132.
- D'Antonio J.A., Capello W.N., Borden L.S., Bargar W.L., Bierbaum B.F., Boettcher W.G. et al. Classification and management of acetabular abnormalities in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(243):126-137.
- García-Cimbrelo E., García-Rey E. Bone defect determines acetabular revision surgery. *Hip Int*. 2014; 24 Suppl 10:S33-S36. doi: 10.5301/hipint.5000162.
- Tikhilov R.M., Dzhavadov A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Shubnyakov I.I. Standard Versus Custom-Made Acetabular Implants in Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022;37(1):119-125. doi: 10.1016/j.arth.2021.09.003.
- van Egmond N., De Kam D.C., Gardeniers J.W., Schreurs B.W. Revisions of extensive acetabular defects with impaction grafting and a cement cup. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(2):562-573. doi: 10.1007/s11999-010-1618-8.
- Ling R.S., Timperley A.J., Linder L. Histology of cancellous impaction grafting in the femur. A case report. *J Bone Joint Surg Br*. 1993;75(5):693-696. doi: 10.1302/0301-620X.75B5.8376422.
- Linder L. Cancellous impaction grafting in the human femur: histological and radiographic observations in 6 autopsy femurs and 8 biopsies. *Acta Orthop Scand*. 2000;71(6):543-552. doi: 10.1080/000164700317362154.
- van der Donk S., Buma P., Verdonchot N., Schreurs B.W. Effect of load on the early incorporation of impacted morsellized allografts. *Biomaterials*. 2002;23(1):297-303. doi: 10.1016/S0142-9612(01)00108-9.
- Wang J.S., Tägil M., Aspenberg P. Load-bearing increases new bone formation in impacted and morsellized allografts. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(378):274-281. doi: 10.1097/00003086-200009000-00038.
- Waddell B.S., Della Valle A.G. Reconstruction of non-contained acetabular defects with impaction grafting, a reinforcement mesh and a cemented polyethylene acetabular component. *Bone Joint J*. 2017;99-B(1 Suppl A):25-30. doi: 10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0322.R1.
- García-Cimbrelo E., Cruz-Pardos A., García-Rey E., Ortega-Chamarro J. The survival and fate of acetabular reconstruction with impaction grafting for large defects. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(12):3304-3313. doi: 10.1007/s11999-010-1395-4.
- Comba F., Buttaro M., Pusso R., Piccaluga F. Acetabular revision surgery with impacted bone allografts and cemented cups in patients younger than 55 years. *Int Orthop*. 2009;33(3):611-616. doi: 10.1007/s00264-007-0503-x.

24. Busch V.J., Gardeniers J.W., Verdonshot N., Slooff T.J., Schreurs B.W. Acetabular reconstruction with impaction bone-grafting and a cemented cup in patients younger than fifty years old: a concise follow-up, at twenty to twenty-eight years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(4):367-371. doi: 10.2106/JBJS.I.01532.
25. Schreurs B.W., Luttjeboer J., Thien T.M., de Waal Malefijt M.C., Buma P., Veth R.P. et al. Acetabular revision with impacted morselized cancellous bone graft and a cemented cup in patients with rheumatoid arthritis. A concise follow-up, at eight to nineteen years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(3):646-651. doi: 10.2106/JBJS.G.01701.
26. Iwase T., Ito T., Morita D. Massive bone defect compromises postoperative cup survivorship of acetabular revision hip arthroplasty with impaction bone grafting. *J Arthroplasty.* 2014;29(12):2424-2429. doi: 10.1016/j.arth.2014.04.001.
27. Pierannunzii L., Zagra L. Bone grafts, bone graft extenders, substitutes and enhancers for acetabular reconstruction in revision total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev.* 2016;1(12):431-439. doi: 10.1302/2058-5241.160025.
28. Fölsch C., Dharma J., Fonseca Ulloa C.A., Lips K.S., Rickert M., Pruss A. et al. Influence of thermosinfection on microstructure of human femoral heads: duration of heat exposition and compressive strength. *Cell Tissue Bank.* 2020;21(3):457-468. doi: 10.1007/s10561-020-09832-5.
29. Анастасиева Е.А., Черданцева Л.А., Толстикова Т.Г., Кирилова И.А. Использование депротеинизированной костной ткани в качестве матрицы тканеинженерной конструкции: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(1):46-59. doi: 10.17816/2311-2905-2016.
- Anastasiyeva E.A., Cherdantseva L.A., Tolstikova T.G., Kirilova I.A. Deproteinized Bone Tissue as a Matrix for Tissue-Engineered Construction: Experimental Study. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(1):46-59. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-2016.
30. Voor M.J., Nawab A., Malkani A.L., Ullrich C.R. Mechanical properties of compacted morselized cancellous bone graft using one-dimensional consolidation testing. *J Biomech.* 2000;33(12):1683-1688. doi: 10.1016/s0021-9290(00)00156-1.
31. Pratt J.N., Griffon D.J., Dunlop D.G., Smith N., Howie C.R. Impaction grafting with morsellised allograft and tricalcium phosphate-hydroxyapatite: incorporation within ovine metaphyseal bone defects. *Biomaterials.* 2002;23(16):3309-3317. doi: 10.1016/s0142-9612(02)00018-2.
32. Verdonshot N., Schreurs B., van Unen J., Slooff T., Huiskes R. Cup stability after acetabulum reconstruction with morselized grafts is less surgical dependent when larger grafts are used. *Trans Orthop Res Soc.* 1999;24:867.

#### Сведения об авторах

✉ Кирилова Ирина Анатольевна — д-р мед. наук  
 Адрес: Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17  
<https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>  
 e-mail: irinakirilova71@mail.ru

Гольник Вадим Николаевич  
<https://orcid.org/0000-0002-5047-2060>  
 e-mail: vgolnik@mail.ru

Пелеганчук Владимир Алексеевич — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2386-4421>  
 e-mail: 297501@mail.ru

Батрак Юрий Михайлович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-0489-1480>  
 e-mail: 297501@mail.ru

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>  
 e-mail: pavlovdoc@mail.ru

#### Authors' information

✉ Irina A. Kirilova — Dr. Sci. (Med.)  
 Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia  
<https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>  
 e-mail: irinakirilova71@mail.ru

Vadim N. Golnik  
<https://orcid.org/0000-0002-5047-2060>  
 e-mail: vgolnik@mail.ru

Vladimir A. Peleganchuk — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2386-4421>  
 e-mail: 297501@mail.ru

Yuriy M. Batrak — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-0489-1480>  
 e-mail: 297501@mail.ru

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>  
 e-mail: pavlovdoc@mail.ru

## Лечение пациента с ятрогенным повреждением лучевого нерва после остеосинтеза плечевой кости: клинический случай

Д.А. Кисель<sup>1</sup>, А.М. Файн<sup>1,2</sup>, К.В. Светлов<sup>1</sup>, Ю.А. Боголюбский<sup>1</sup>,  
И.Б. Алейникова<sup>1</sup>, М.В. Синкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Ятрогенные нейропатии лучевого нерва после остеосинтеза диафиза плечевой кости штифтом с блокированием развиваются у 2,9% пациентов. При этом в 30% случаев ятрогенное повреждение нерва связано с дистальным блокированием штифта. Вопросы о сроках и объеме диагностических мероприятий, направленных на определение характера повреждения нерва, методах консервативного и хирургического лечения, их эффективности остаются актуальными.

**Цель** — на клиническом примере показать причины возникновения, методы профилактики, диагностики и лечения ятрогенных повреждений лучевого нерва при переломах плечевой кости.

**Описание клинического случая.** Пациентка 30 лет поступила с несросшимся переломом левой плечевой кости, ятрогенным повреждением лучевого нерва слева спустя 3 мес. после остеосинтеза перелома блокированным штифтом. Выполнена повторная операция: удаление штифта из левой плечевой кости; реостеосинтез левой плечевой кости пластиной; ревизия, невролиз, пластика левого лучевого нерва аутоотрансплантатами из икроножного нерва справа. После операции проводили курсы медикаментозной терапии, физиотерапевтическое лечение, лечебную гимнастику. Через 26 мес. после операции наблюдали полную амплитуду и восстановление силы активного разгибания левой кисти и трехфаланговых пальцев, отведения первого пальца, неполную амплитуду разгибания первого пальца, восстановление чувствительности по наружной поверхности левого предплечья и тыльной поверхности кисти.

**Заключение.** Ятрогенное повреждение лучевого нерва происходит преимущественно в результате несоблюдения техники введения блокирующих винтов при остеосинтезе переломов диафиза плечевой кости штифтами. Несвоевременное обследование и оперативное лечение пациентов с поврежденным лучевым нервом приводит к невозможности полного функционального восстановления, потенциальной атрофии мышц, угнетению их двигательной функции. Оперативное лечение, направленное на восстановление лучевого нерва в ранние сроки после травмы, в сочетании с полным спектром послеоперационной реабилитации в течение года является единственно верным вариантом лечения.

**Ключевые слова:** ятрогенное повреждение лучевого нерва, перелом плечевой кости, остеосинтез плечевой кости.

 **Для цитирования:** Кисель Д.А., Файн А.М., Светлов К.В., Боголюбский Ю.А., Алейникова И.Б., Синкин М.В. Лечение пациента с ятрогенным повреждением лучевого нерва после остеосинтеза плечевой кости: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):110-117. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7984>.

 Кисель Дмитрий Александрович; e-mail: [dkis@yandex.ru](mailto:dkis@yandex.ru)

Рукопись получена: 06.03.2023. Рукопись одобрена: 19.06.2023. Статья опубликована онлайн: 08.08.2023.

© Кисель Д.А., Файн А.М., Светлов К.В., Боголюбский Ю.А., Алейникова И.Б., Синкин М.В., 2023



## Treatment of Iatrogenic Nerve Injury After Humeral Shaft Fracture Fixation: A Case Report

Dmitry A. Kisel<sup>1</sup>, Alexey M. Fain<sup>1,2</sup>, Kirill V. Svetlov<sup>1</sup>, Yuri A. Bogolyubsky<sup>1</sup>,  
Irina B. Aleynikova<sup>1</sup>, Mikhail V. Sinkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

<sup>2</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** Iatrogenic neuropathies of the radial nerve following intramedullary nailing of the humerus are observed in 2.9% of patients. In 30% of cases, iatrogenic nerve injury is associated with distal nail locking. Questions about the timing and volume of diagnostic measures to determine the nature of nerve damage, methods of conservative and surgical treatment, and their effectiveness remain relevant.

**Aim of the study** – to illustrate the causes, prevention methods, diagnosis, and treatment of iatrogenic radial nerve injuries in humeral shaft fractures through a clinical example.

**Case presentation.** A 30-year-old female patient was admitted with a nonunion fracture of the left humerus and iatrogenic radial nerve injury three months after the fracture was fixed with a locking nail. A revision operation was performed: removal of the nail from the left humerus; re-fixation of the left humerus with a plate; revision, neurolysis, and plastic repair of the left radial nerve using autografts from the right sural nerve. Postoperative courses of medication therapy, physiotherapy, and therapeutic exercises were conducted. At 26 months after the surgery, complete range of motion and restoration of strength in active extension of the left wrist and three phalanges, abduction of the first finger, partial extension of the first finger, and restoration of sensitivity on the outer surface of the left forearm and the back of the hand were observed.

**Conclusion.** Iatrogenic radial nerve injury primarily occurs as a result of incorrect technique when introducing locking screws during intramedullary nailing of humeral shaft fractures. Delayed examination and surgical treatment of patients with injured radial nerve lead to a lack of full functional recovery, potential muscle atrophy, and impairment of their motor function. Surgical treatment aimed at restoring the radial nerve at an early stage after injury, combined with a full range of postoperative rehabilitation for a year, is the only correct treatment approach.

**Keywords:** iatrogenic injury of radial nerve, humerus fracture fixation.

---

**Cite as:** Kisel D.A., Fain A.M., Svetlov K.V., Bogolyubsky Yu.A., Aleynikova I.B., Sinkin M.V. Treatment of Iatrogenic Nerve Injury After Humeral Shaft Fracture Fixation: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023; 29(3):110-117. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7984>.

✉ Dmitry A. Kisel; e-mail: [dkis@yandex.ru](mailto:dkis@yandex.ru)

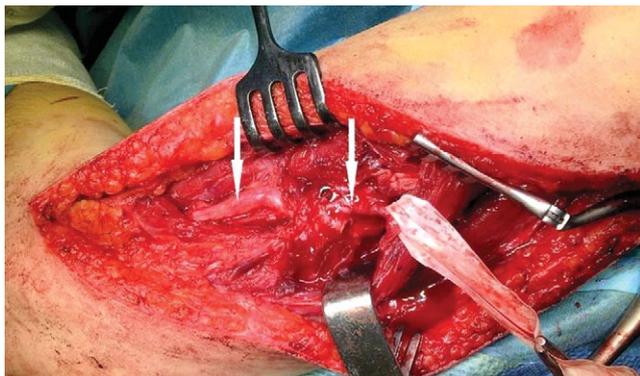
Submitted: 06.03.2023. Accepted: 19.06.2023. Published online: 08.08.2023.

© Kisel D.A., Fain A.M., Svetlov K.V., Bogolyubsky Yu.A., Aleynikova I.B., Sinkin M.V., 2023



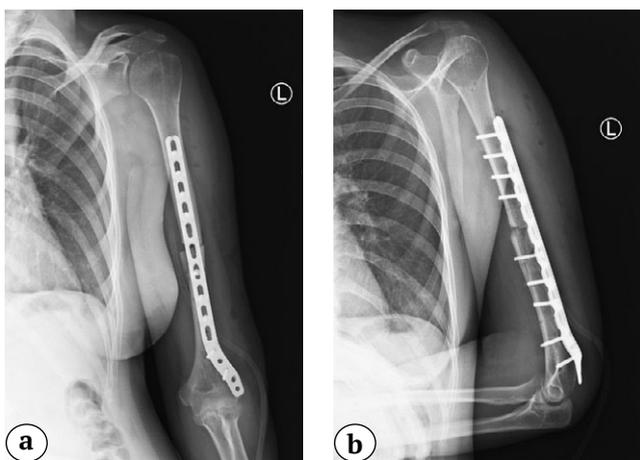
В ходе операции выявлено, что лучевой нерв в средней трети плеча проходит в толще рубцовой ткани, прерывается в месте контакта с верхним из дистальных блокирующих винтов. Имеется рубцовое перерождение нерва на протяжении 4,0 см с концевой невромой проксимального конца (рис. 3).

Выполнено удаление штифта. Отломки выделены из рубцовых тканей, освежены, сопоставлены и фиксированы экстраартикулярной пластиной с угловой стабильностью с созданием компрессии (рис. 4).



**Рис. 3.** Интраоперационная фотография: определяется перерыв лучевого нерва (отмечен стрелками) в проекции дистального блокирующего винта; концевая неврома проксимальной культы нерва

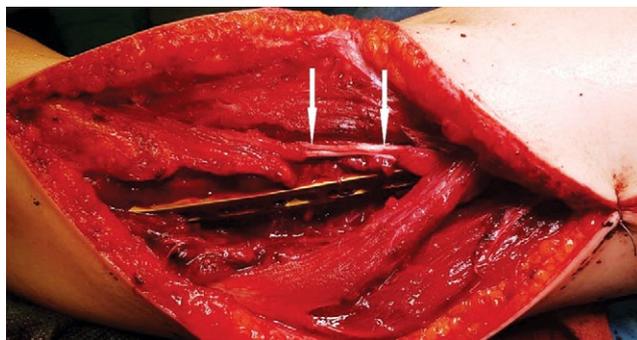
**Fig. 3.** Intraoperative photo: A break in the radial nerve is identified (indicated by arrows) in the projection of the distal blocking screw; a neuroma at the proximal cult of the nerve



**Рис. 4.** Рентгенограммы после реостеосинтеза левой плечевой кости пластиной; положение отломков и металлофиксатора удовлетворительное: а — прямая проекция; б — боковая проекция

**Fig. 4.** X-rays after re-fixation of the left humeral bone with a plate; the position of the fragments and metal fixator is satisfactory: а — anteroposterior view; б — lateral view

Рубцово-измененный участок ствола лучевого нерва и концевая неврома иссечены. Для восполнения дефекта ствола лучевого нерва выполнен забор икроножного нерва справа. Аутографты в виде четырех вставок длиной 5 см уложены в область дефекта. С использованием операционного микроскопа выполнен эпипериневральный шов нитью Prolene 9/0 (рис. 5).



**Рис. 5.** Интраоперационная фотография: выполнен остеосинтез плечевой кости пластиной, пластика лучевого нерва аутографтами (отмечен стрелками)

**Fig. 5.** Intraoperative photo: plating of the humeral bone, and radial nerve reconstruction using autotransplants (indicated by arrows)

Послеоперационный период протекал без осложнений. На 9-е сут. после операции пациентка выписана из стационара.

Амбулаторно в течение 11 мес. проводили медикаментозную терапию, курсы физиотерапевтического лечения, включающие электромиостимуляцию, иглорефлексотерапию, парафиновые ванны, грязелечение, массаж, а также лечебную гимнастику: пассивную и активную разработку движений пальцев и кисти.

Со слов пациентки, положительная динамика восстановления лучевого нерва появилась через 10 мес. после операции в виде восстановления чувствительности по наружной поверхности левого предплечья и тыльной поверхности кисти. Через 13 мес. пациентка стала отмечать возможность активного удержания кисти в среднефизиологическом положении без помощи ортеза, появилась незначительная амплитуда активного разгибания трехфаланговых пальцев кисти, которая в последующем увеличивалась, присоединилась функция активного разгибания кисти. Функция активного отведения первого пальца восстановилась в последнюю очередь, через 15 мес. Через 18 мес. пациентка отметила прогрессивное улучшение мелкой моторики пальцев.

При осмотре через 26 мес. после операции мы наблюдали полную амплитуду и восстановление силы активного разгибания левой кисти и трехфа-

ланговых пальцев (M5), отведения первого пальца (M5), неполную амплитуду разгибания первого пальца (M3–4).

По данным ЭНМГ была отмечена выраженная положительная динамика: при стимуляции в точке Эрба зарегистрирована низкоамплитудная M-волна с увеличенной хронодисперсией от *musculus extensor indicis* и низкоамплитудный потенциал действия сенсорного нерва при стимуляции *n. radialis superficialis* (рис. 6).

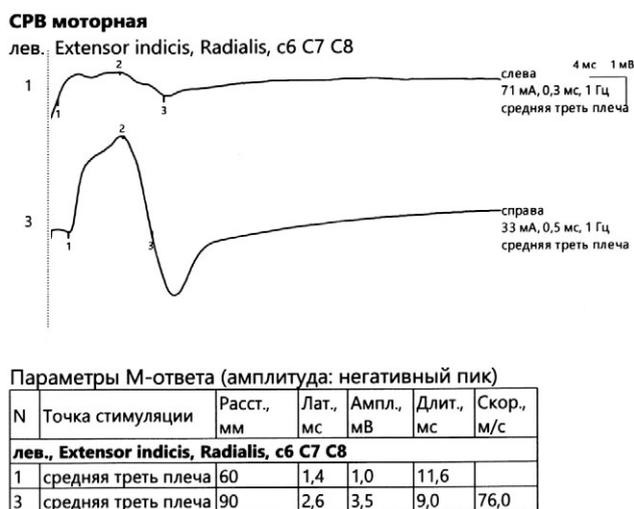


Рис. 6. Протокол ЭНМГ-исследования через 26 мес. после операции

Fig. 6. ENMG protocol after 26 months post-operation

### ОБСУЖДЕНИЕ

По данным анализа литературы, частота ятрогенных повреждений лучевого нерва составляет от 2% до 18% [1, 7]. По нашим данным, ятрогенные нейропатии после остеосинтеза диафиза плечевой кости штифтом с блокированием развиваются у 2,9% пациентов. При этом в 30% случаев ятрогенное повреждение лучевого нерва связано с дистальным блокированием штифта [8].

В данном случае к повреждению привела совокупность нескольких технических ошибок при выполнении остеосинтеза. Во-первых, был подобран штифт меньшей, чем необходимо, длины. На послеоперационных рентгенограммах видно, что даже с учетом того, что проксимальный конец штифта на несколько миллиметров выстоит над головкой плечевой кости, дефицит длины составляет около 2 см. Во-вторых, несмотря на наличие в штифте отверстия для дистального блокирования в сагиттальном направлении, оба блокирующих винта проведены в направлении снаружи внутри. С учетом недостаточной длины штифта такое блокирование неизбежно производится

в проекции лучевого нерва [9]. При недостаточной защите мягких тканей нервный ствол с высокой вероятностью повреждается при сверлении или введении блокирующего винта. Повреждение режущей кромкой сверла в ряде случаев приводит к полному разрыву нерва, что, очевидно, в данном случае и произошло.

Своевременная диагностика ятрогенного повреждения чрезвычайно важна. После окончания действия анестезии клинически выявить травматическую нейропатию, как правило, несложно. Однако клинический метод не дает возможности установить характер повреждения, так как в большинстве случаев в остром периоде любая травма нерва, от контузии до полного анатомического перерыва, проявляется развернутой картиной сенсорно-моторного дефицита [10].

Визуализация лучевого нерва при помощи ультразвукового исследования позволяет точно определить уровень и характер повреждения [1, 3, 6, 7]. При условии выполнения исследования сразу после операции и подтверждения перерыва нервного ствола восстановление целостности нерва можно было бы провести незамедлительно. В случае диагностированного полного анатомического перерыва нерва мы выполняем ревизию, восстановление целостности нервного ствола. Если на фоне клиники нейропатии лучевого нерва инструментально диагностирован конфликт нерва с отломками или металлоконструкциями, выполняем ревизию, невролиз. В случае сомнительных результатов инструментальных исследований делаем ревизию нерва. Активно-выжидательную тактику в сочетании с консервативным лечением выбираем в случае, если анатомический перерыв или конфликт с металлоконструкциями инструментально не подтвержден. При отсутствии положительной динамики от консервативного лечения в течение 3–4 мес. выполняем ревизию нерва. Необоснованное же ожидание результата консервативного лечения без верификации типа повреждения нерва ставит под угрозу возможность восстановления утраченной функции верхней конечности [1, 2].

В данном клиническом наблюдении после операции остеосинтеза плечевой кости штифтом при наличии клиники повреждения лучевого нерва в раннем послеоперационном периоде, при недостаточной врачебной настороженности и без своевременной диагностической верификации инструментальная диагностика не была проведена, что стало причиной позднего определения характера повреждения нерва. Первичная консультация пациентки в нашей клинике состоялась через 3 мес. после ятрогенного осложнения. Отсутствие клинического улучшения и выявленный блок проведения по лучевому нерву по данным ЭНМГ дали основания для поиска анатомической при-



Синкин М.В. — анализ и интерпретация данных, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных и изображений.

Sinkin M.V. — data analysis and interpretation, drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Laulan J. High radial nerve palsy. *Hand Surg Rehabil.* 2019;38(1):2-13. doi: 10.1016/j.hansur.2018.10.243.
- Bumbasirevic M., Palibrk T., Lesic A., Atkinson H.D. Radial nerve palsy. *EFORT Open Rev.* 2017;1(8):286-294. doi: 10.1302/2058-5241.1.000028.
- Cognet J.M., Fabre T., Durandeu A. Persistent radial palsy after humeral diaphyseal fracture: cause, treatment, and results. 30 operated cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2002;88(7):655-662. (In French).
- Ljungquist K.L., Martineau P., Allan C. Radial nerve injuries. *J Hand Surg Am.* 2015;40(1):166-172. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.05.010.
- Rasulić L., Djurašković S., Lakićević N., Lepić M., Savić A., Grujić J. et al. Surgical Treatment of Radial Nerve Injuries Associated With Humeral Shaft Fracture—A Single Center Experience. *Front Surg.* 2021;8:774411. doi: 10.3389/fsurg.2021.774411.
- Schwaiger K., Abed S., Russe E., Koeninger F., Wimbauer J., Kholosy H. et al. Management of Radial Nerve Lesions after Trauma or Iatrogenic Nerve Injury: Autologous Grafts and Neurolysis. *J Clin Med.* 2020;9(12):3823. doi: 10.3390/jcm9123823.
- Chang G., Ilyas A.M. Radial Nerve Palsy After Humeral Shaft Fractures: The Case for Early Exploration and a New Classification to Guide Treatment and Prognosis. *Hand Clin.* 2018;34(1):105-112. doi: 10.1016/j.hcl.2017.09.011.
- Вишневикий В.А. Причины, диагностические ошибки при повреждениях периферических нервов конечностей. *Запорожский медицинский журнал.* 2014;85(4):50-55. Vishnevskiy V.A. Reasons and Diagnostic Errors in Cases of the Peripheral Nerves of Extremities Injuring. *Zaporozhye Medical Journal.* 2014;85(4):50-55. (In Russian).
- Боголюбский Ю.А., Файн А.М., Сачков А.В., Мажорова И.И., Ваза А.Ю., Титов Р.С. и др. Ятрогенные повреждения лучевого нерва при остеосинтезе плечевой кости. Профилактика, диагностика и лечение. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* 2020;9(1):51-60. doi: 10.23934/2223-9022-2020-9-1-51-60. Bogolyubsky Y.A., Fayn A.M., Sachkov A.V., Mazhorova I.I., Vaza A.Y., Titov R.S. et al. Iatrogenic Damage to the Radial Nerve During Osteosynthesis of the Humerus. Prevention, Diagnosis and Treatment. *Russian Sklifosovsky Journal «Emergency Medical Care».* 2020;9(1):51-60. (In Russian). doi: 10.23934/2223-9022-2020-9-1-51-60.
- Боголюбский Ю.А., Файн А.М., Ваза А.Ю., Гнететский С.Ф., Мажорова И.И., Кишиневский Е.В. и др. Травматические и ятрогенные повреждения лучевого нерва при переломах диафиза плечевой кости. *Практическая медицина.* 2022;20(4):109-116. Bogolyubsky Y.A., Fayn A.M., Vaza A.Y., Gnetetskiy S.F., Mazhorova I.I., Kishinevskiy E.V. et al. Traumatic and iatrogenic lesions of the radial nerve in fractures of humerus diaphysis. *Practical Medicine.* 2022;20(4):109-116.
- Temiz N.C., Doğan A., Kirik A., Yaşar S., Durmaz M.O., Kutlay A.M. Radial nerve injuries and outcomes: Our surgical experience. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2021;27(6):690-696. doi: 10.14744/tjtes.2020.34576.
- Kim D.H., Kam A.C., Chandika P., Tiel R.L., Kline D.G. Surgical management and outcome in patients with radial nerve lesions. *J Neurosurg.* 2001;95(4):573-583. doi: 10.3171/jns.2001.95.4.0573.

## Сведения об авторах

✉ Кисель Дмитрий Александрович  
Адрес: Россия, 129090, г. Москва,  
Большая Сухаревская площадь, д. 3  
<https://orcid.org/0000-0002-5187-0669>  
e-mail: dkis@yandex.ru

## Authors' information

✉ Dmitry A. Kisel  
Address: 3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090,  
Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-5187-0669>  
e-mail: dkis@yandex.ru

*Файн Алексей Максимович* — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-8616-920X>  
 e-mail: finn.loko@mail.ru

*Светлов Кирилл Всеволодович* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-1538-0515>  
 e-mail: svetloffkirill@yandex.ru

*Боголюбский Юрий Андреевич* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-1509-7082>  
 e-mail: bo\_y\_an@mail.ru

*Алейникова Ирина Борисовна* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-4937-0400>  
 e-mail: alejnikova\_irina@mail.ru

*Синкин Михаил Владимирович* — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>  
 e-mail: mvsinkin@gmail.com

*Alexey M. Fain* — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-8616-920X>  
 e-mail: finn.loko@mail.ru.

*Kirill V. Svetlov* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-1538-0515>  
 e-mail: svetloffkirill@yandex.ru

*Yuri A. Bogolyubsky* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-1509-7082>  
 e-mail: bo\_y\_an@mail.ru

*Irina B. Aleynikova* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-4937-0400>  
 e-mail: alejnikova\_irina@mail.ru

*Mikhail V. Sinkin* — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>  
 e-mail: mvsinkin@gmail.com



## Перелом клювовидного отростка лопатки в сочетании с переломом акромиального конца ключицы: клинический случай

А.И. Авдеев<sup>1,2</sup>, Д.Г. Парфеев<sup>1</sup>, Д.Д. Паршин<sup>2</sup>, Е.В. Сеницына<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Перелом акромиального конца ключицы в сочетании с переломом основания клювовидного отростка лопатки в практике травматолога-ортопеда встречается крайне редко. В связи с этим отсутствует единый подход к лечению пациентов с повреждениями костей плечевого пояса такого типа.

**Целью** данной публикации является демонстрация положительного опыта консервативного лечения перелома клювовидного отростка лопатки в сочетании с остеосинтезом перелома акромиального конца ключицы крючковидной пластиной.

**Описание случая.** Мы представляем редкий клинический случай закрытого перелома акромиального конца ключицы в сочетании с переломом основания клювовидного отростка лопатки, наступивший в результате падения пациентки с лестницы с опорой на отведенную верхнюю конечность. После обследования было принято решение о фиксации акромиального конца ключицы крючковидной пластиной. Интраоперационно после остеосинтеза акромиального конца ключицы на рентгенограммах отмечалось удовлетворительное положение клювовидного отростка лопатки, в связи с чем было принято решение дополнительно его не фиксировать. Оперативное вмешательство, как и послеоперационный период, протекали без особенностей. При выполнении компьютерной томографии через 3 мес. после операции отмечена консолидация отломков. Выполнено удаление крючковидной пластины с винтами из ключицы.

**Заключение.** Представленный клинический случай иллюстрирует результат лечения такого типа переломов без фиксации клювовидного отростка лопатки с достижением отличного клинического результата. По нашему мнению, применение крючковидной пластины позволяет стабилизировать костные отломки и восстановить натяжение связок, что делает этот имплантат безальтернативным для фиксации такого типа повреждений.

**Ключевые слова:** травма акромиально-ключичного сустава, перелом акромиального конца ключицы, перелом клювовидного отростка, крючковидная пластина.

**Для цитирования:** Авдеев А.И., Парфеев Д.Г., Паршин Д.Д., Сеницына Е.В. Перелом клювовидного отростка лопатки в сочетании с переломом акромиального конца ключицы: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):118-123. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-14793>.

Авдеев Александр Игоревич; e-mail: [spaceship1961@gmail.com](mailto:spaceship1961@gmail.com)

Рукопись получена: 11.07.2023. Рукопись одобрена: 11.08.2023. Статья опубликована онлайн: 12.09.2023.

© Авдеев А.И., Парфеев Д.Г., Паршин Д.Д., Сеницына Е.В., 2023



## Coracoid Process Fracture Associated With a Distal Clavicle Fracture: A Case Report

Alexander I. Avdeev<sup>1,2</sup>, Dmitrii G. Parfeev<sup>1</sup>, Danil D. Parshin<sup>2</sup>, Ekaterina V. Sinitsyna<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** Fracture of the distal clavicle fracture associated with a coracoid process fracture is extremely rare in the practice of an orthopedic surgeon. Therefore, there is no common approach to the treatment of patients with this type of bone injuries of the shoulder girdle.

**Aim of the study** — to demonstrate positive experience of conservative treatment of the coracoid process fracture combined with hook plate fixation for distal clavicle fracture.

**Case presentation.** We present a rare clinical case of a closed distal clavicle fracture associated with coracoid process fracture. Trauma occurred when the patient fell down the stairs on his abducted upper limb. After examination, the distal clavicle fracture was fixed with a hook plate. Intraoperatively, X-rays showed a satisfactory position of the coracoid process of the scapula. Therefore, it was decided not to fix it additionally. CT scans three months after the surgery showed bone fragments consolidation. Removal of the hook plate and screws from the clavicle was performed.

**Conclusion.** Presented clinical case illustrates successful treatment result of this type of fractures without fixation of the coracoid process fracture. The hook plating allows to stabilize bone fragments and restore ligament tension, which makes this implant non-alternative for fixation of this type of injuries.

**Keywords:** acromioclavicular joint injury, distal clavicle fracture, coracoid process fracture, hook plate.

---

**Cite as:** Avdeev A.I., Parfeev D.G., Parshin D.D., Sinitsyna E.V. Coracoid Process Fracture Associated With a Distal Clavicle Fracture: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):118-123. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-14793>.

✉ Alexander I. Avdeev; e-mail: spaceship1961@gmail.com

Submitted: 11.07.2023. Accepted: 11.08.2023. Published online: 12.09.2023.

© Avdeev A.I., Parfeev D.G., Parshin D.D., Sinitsyna E.V., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Частота встречаемости повреждений акромиального конца ключицы в структуре переломов ключицы варьирует от 10% до 30% [1, 2, 3]. Еще реже встречаются переломы клювовидного отростка: 3–16% от числа всех переломов лопатки [4]. Случаи же комбинированного повреждения акромиального конца ключицы и клювовидного отростка лопатки описаны лишь в единичных публикациях, что, в свою очередь, свидетельствует об отсутствии единого подхода к лечению данной категории пострадавших [5, 6, 7, 8]. Сложности в выборе метода лечения пациента, связанные с определением разумных пределов степени хирургической агрессии, требуют взвешенного подхода со стороны травматолога-ортопеда.

*Цель* — демонстрация положительного опыта консервативного лечения перелома клювовидного отростка лопатки в сочетании с остеосинтезом перелома акромиального конца ключицы крючковидной пластиной.

## ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Пациентка 45 лет в августе 2022 г. получила травму области правого плеча в результате падения с лестницы с опорой на отведенную верхнюю конечность. При физикальном обследовании была выявлена деформация в области правого надплечья, резкая болезненность в проекции акромиально-ключичного сустава справа, положительный симптом «клавиши». Объем движений в плечевом

суставе был резко ограничен на фоне выраженного болевого синдрома. На рентгенограмме области правого надплечья отмечались рентгенологические признаки закрытого перелома акромиального конца правой ключицы со смещением отломков в комбинации с закрытым переломом основания клювовидного отростка лопатки (рис. 1).

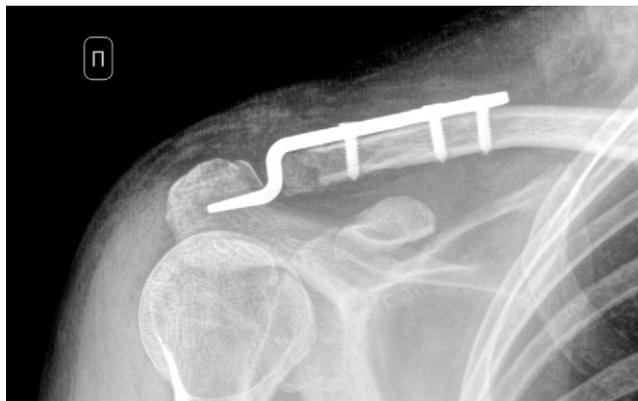
Идентичное по высоте смещение центрального отломка ключицы с клювовидным отростком лопатки позволяло косвенно судить об интактных ключично-клювовидных связках. На наш взгляд, предпочтительным имплантатом для решения данной задачи была и остается крючковидная пластина (hook-plate). В первые сутки госпитализации пациентке была выполнена операция: открытая репозиция отломков, фиксация крючковидной пластиной с винтами. Во время выполнения операции на основании рентгеноконтроля было принято окончательное решение не фиксировать дополнительно клювовидный отросток лопатки (рис. 2). После устранения смещения отломков ключицы и воссоздания анатомических взаимоотношений в акромиально-ключичном суставе вследствие восстановления баланса тяги сухожилий мышц, фиксирующихся к клювовидному отростку, произошла его анатомическая репозиция. В связи с этим было принято решение дополнительно не фиксировать клювовидный отросток лопатки.

Послеоперационный период протекал без особенностей. Пациентка выписана на амбулаторное лечение на 5-е сут. со дня операции. Правая



**Рис. 1.** Рентгенограмма правого акромиально-ключичного сустава в переднезадней проекции при поступлении: признаки закрытого перелома акромиального конца правой ключицы со смещением отломков в комбинации с закрытым переломом основания клювовидного отростка лопатки

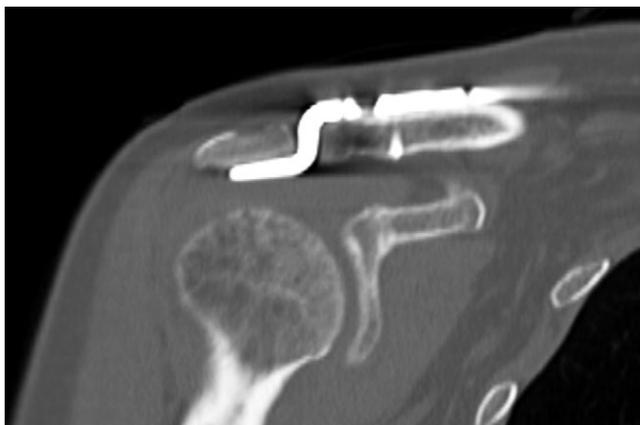
**Fig. 1.** X-ray of the right acromioclavicular (AC) joint in AP view. Signs of closed fracture of the right distal clavicle with displacement of fragments combined with coracoid process fracture



**Рис. 2.** Интраоперационная рентгенограмма правого акромиально-ключичного сустава в переднезадней проекции: состояние после открытой ручной репозиции отломков, фиксации крючковидной пластиной акромиального конца правой ключицы. Смещение отломков устранено

**Fig. 2.** Intraoperative X-ray of the right AC joint in AP view after open manual reduction and fixation of the right distal clavicle with a hook plate. Displacement of fragments is eliminated

верхняя конечность была фиксирована косыночной повязкой на 4 нед. с момента оперативного лечения. Дальнейшее восстановление протекало по стандартному реабилитационному протоколу. Спустя 12 нед. пациентке была выполнена КТ области оперативного вмешательства, на которой были отмечены КТ-признаки консолидации как отломков акромиального конца ключицы, так и основания клювовидного отростка лопатки (рис. 3).



**Рис. 3.** КТ правого плечевого сустава через 3 мес. после операции: КТ-признаки консолидации отломков акромиального конца ключицы и основания клювовидного отростка лопатки

**Fig. 3.** Right shoulder CT scan 3 months after surgery. CT signs of bone union of the distal clavicle and coracoid process



**Рис. 4.** Рентгенограмма правого акромиально-ключичного сустава в переднезадней проекции спустя 3 мес. после операции: признаки консолидации отломков и отсутствия подвывиха

**Fig. 4.** X-ray of the right AC joint in AP view 3 months after surgery. Signs of bone union without subluxation

На основании клинических тестов, результатов инструментальных исследований, а также времени, прошедшего с момента операции, пациентке рекомендовано удаление фиксирующей конструкции из правой ключицы.

На рентгенограммах, выполненных на момент удаления имплантатов, также отмечаются признаки консолидации отломков и отсутствия подвывиха (рис. 4).

В декабре 2022 г. в плановом порядке выполнено удаление крючковидной пластины с винтами из акромиального конца правой ключицы. Достигнуто клиническое выздоровление (рис. 5).



**Рис. 5.** Рентгенограмма правого акромиально-ключичного сустава в переднезадней проекции после удаления фиксаторов

**Fig. 5.** X-ray of the right AC joint in AP view after implants removal

## ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе крайне редко встречаются публикации, так или иначе связанные с переломом клювовидного отростка лопатки [9, 10, 11]. Как следствие, отсутствует единый подход к лечению переломов такого типа.

Так, по данным А. Iqbal и R. Botchu, лишь в трех случаях изолированного перелома основания клювовидного отростка лопатки из девяти представленных был избран оперативный вариант лечения, а именно рефиксация связок, открытая репозиция с накостной фиксацией и, наконец, перкутанное введение винта. Во всех представленных клинических наблюдениях пациентам удалось вернуться к активным занятиям спортом в срок от 3 до 12 мес. вне зависимости от выбранного варианта лечения [12].

Одномоментные переломы акромиального конца ключицы с переломом основания клювовидного отростка лопатки описываются еще реже. В похожем клиническом случае, представленном W. Zhang с соавторами, помимо фиксации акро-

миально-ключичного сочленения крючковидной пластиной, выполнена фиксация клювовидного отростка лопатки канюлированным винтом диаметром 3,5 мм. Спустя 3 мес. со дня операции отмечалось восстановление функции плечевого сустава, отсутствовали жалобы со стороны пациента [13]. Несмотря на положительный результат, которого удалось добиться в представленном случае, хотелось бы отметить разницу в подходах и разную степень хирургической агрессии в лечении пациентов со схожей патологией.

М.М. Broekman с соавторами собрали и проанализировали результаты лечения 37 пациентов с вывихом акромиального конца ключицы и переломом клювовидного отростка лопатки. В 22 случаях предпочтительным вариантом лечения был оперативный, при этом в 12 наблюдениях были фиксированы как акромиально-ключичный сустав, так и клювовидный отросток лопатки, в 9 случаях был фиксирован только акромиально-ключичный сустав и в одном случае — лишь клювовидный отросток лопатки. В качестве

заклучения авторы отмечают, что даже несмотря на значительную выборку для такой редкой патологии, нельзя научно обосновать те или иные рекомендации для лечения данной категории пострадавших [14].

На наш взгляд, в случаях удовлетворительно-го положения отломков клювовидного отростка лопатки можно обойтись без его дополнительной фиксации, что минимизирует риск развития интраоперационных осложнений и снижает объем оперативного вмешательства в целом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный клинический случай иллюстрирует результат лечения такого типа переломов без фиксации клювовидного отростка лопатки с достижением отличного клинического результата. По нашему мнению, применение крючковидной пластины позволяет стабилизировать костные отломки и восстановить натяжение связок, что делает ее безальтернативным имплантатом для фиксации такого типа повреждений.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентки на публикацию медицинских данных и изображений.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Nordqvist A., Petersson C. The incidence of fractures of the clavicle. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;300:127-132.
2. Postacchini F., Gumina S., De Santis P., Albo F. Epidemiology of clavicle fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(5):452-456. doi: 10.1067/mse.2002.126613.
3. Robinson C.M. Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(3):476-484. doi: 10.1302/0301-620x.80b3.8079.
4. Knapik D.M., Patel S.H., Wetzell R.J., Voos J.E. Prevalence and Management of Coracoid Fracture Sustained During Sporting Activities and Time to Return to Sport: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2018;46(3):753-758. doi: 10.1177/0363546517718513.
5. Jettoo P., de Kiewiet G., England S. Base of coracoid process fracture with acromioclavicular dislocation in a child. *J Orthop Surg Res.* 2010;5:77. doi: 10.1186/1749-799X-5-77.
6. Pedersen V., Prall W.C., Ockert B., Haasters F. Non-operative treatment of a fracture to the coracoid process with acromioclavicular dislocation in an adolescent. *Orthop Rev (Pavia).* 2014;6(3):5499. doi: 10.4081/or.2014.5499.
7. Li J., Sun W., Li G.D., Li Q., Cai Z.D. Fracture of the coracoid process associated with acromioclavicular dislocation: a case report. *Orthop Surg.* 2010;2(2):165-167. doi: 10.1111/j.1757-7861.2010.00080.x.

8. Kim K.C., Rhee K.J., Shin H.D., Kim D.K., Shin H.S. Displaced fracture of the coracoid process associated with acromioclavicular dislocation: a two-bird-one-stone solution. *J Trauma*. 2009;67(2):403-405. doi: 10.1097/TA.0b013e3181ac8ef1.
9. Asbury S., Tennent T.D. Avulsion fracture of the coracoid process: a case report. *Injury*. 2005;36(4):567-568. doi: 10.1016/j.injury.2004.11.002.
10. Lee J.H., Kim J.R., Wang S.I. An unusual mechanism of coracoid fracture in a beginner golfer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(1):76-78. doi: 10.1007/s00167-017-4439-4.
11. Wollstein J., Tegtbur U., Meller R., Hanke A.A., Berndt T., Krettek C. et al. Isolated fracture of the coracoid process in a 14-year-old national water polo player: Case example. *Unfallchirurg*. 2019;122(1):79-82. (In German). doi: 10.1007/s00113-018-0547-y.
12. Iqbal A., Botchu R. Coracoid stress injury: a report of an unusual case and review of literature. *REJR*. 2020;10(3):174-178. doi: 10.21569/2222-7415-2020-10-3-174-178.
13. Zhang W., Huang B., Yang J., Xue P., Liu X. Fractured coracoid process with acromioclavicular joint dislocation: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(39):e22324. doi: 10.1097/MD.00000000000022324.
14. Broekman M.M., Verstift D.E., Doornberg J.N., van den Bekerom M.P.J. Treatment of acromioclavicular dislocations with a concomitant coracoid fracture: a systematic review of 37 patients. *JSES Int*. 2022;7(2):225-229. doi: 10.1016/j.jseint.2022.12.014.

---

#### Сведения об авторах

✉ **Авдеев Александр Игоревич** — канд. мед. наук  
 Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
 ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0002-1557-1899>  
 e-mail: spaceship1961@gmail.com

**Парфеев Дмитрий Геннадьевич** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-8199-7161>  
 e-mail: dgparfeev@rniito.ru

**Паршин Данил Дмитриевич**  
<https://orcid.org/0009-0002-0010-1437>  
 e-mail: parshindanil1997@gmail.com

**Синицына Екатерина Васильевна**  
<https://orcid.org/0009-0002-9798-7886>  
 e-mail: katerin\_tomtit@mail.ru

---

#### Authors' information

✉ **Alexander I. Avdeev** — Cand. Sci. (Med.)  
 Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,  
 Russia

<https://orcid.org/0000-0002-1557-1899>  
 e-mail: spaceship1961@gmail.com

**Dmitrii G. Parfeev** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-8199-7161>  
 e-mail: dgparfeev@rniito.ru

**Danil D. Parshin**  
<https://orcid.org/0009-0002-0010-1437>  
 e-mail: parshindanil1997@gmail.com

**Ekaterina V. Sinitsyna**  
<https://orcid.org/0009-0002-9798-7886>  
 e-mail: katerin\_tomtit@mail.ru



## Травматология и ортопедия в фокусе интеллектуальной собственности

Т.Н. Эриванцева, С.Ю. Тузова, Н.Б. Лысков, Ю.В. Блохина, А.А. Исамова

ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности», г. Москва, Россия

### Реферат

Высокий уровень травматизма, заболеваний костно-мышечной системы и соединительной ткани обуславливает спрос на современные высокотехнологичные материалы в области ортопедии и травматологии. Разработка отечественных материалов является крайне актуальной задачей, особенно в условиях ограничения поставок в Российскую Федерацию иностранных продуктов. Создание новых изделий и последующий вывод их на рынок требуют всесторонней охраны воплощенной в продукт уникальной информации о его устройстве, составе или технологии получения/изготовления. Анализ патентования отечественных разработок в области травматологии и ортопедии на территории Российской Федерации показал, что в аспекте коммерциализации отечественных продуктов существует ряд рисков. Так, отечественные разработчики в ряде случаев пренебрегают патентной охраной своих разработок, что ставит успешные разработки под угрозу несанкционированного копирования или предъявления претензий со стороны других рыночных игроков. С другой стороны, стратегия патентования отечественными разработчиками своих продуктов в большинстве случаев содержит ряд ошибок, таких как узкие рамки патентной охраны, обусловленные неверно составленной формулой изобретения. К ним относятся формулировки, которые достаточно легко обойти при наличии коммерческого интереса к продукту, преимущественное патентование режимных технологических процессов, отсутствие комплексной патентной охраны продукта. Указанные ошибки патентования делают разработку непривлекательной для инвесторов и производителей, что приводит к низкой коммерциализуемости российских разработок. Таким образом, российские разработчики, имеющие значительный научный потенциал и компетенции для создания высокоэффективных отечественных продуктов, не реализуют трансфер технологий и не могут вывести свои перспективные и востребованные продукты на рынок.

**Ключевые слова:** травматология и ортопедия, изобретение, полезная модель, патент, инновация.

**Для цитирования:** Эриванцева Т.Н., Тузова С.Ю., Лысков Н.Б., Блохина Ю.В., Исамова А.А. Травматология и ортопедия в фокусе интеллектуальной собственности. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):124-135. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15522>.

Эриванцева Татьяна Николаевна; e-mail: [erivantseva@rupto.ru](mailto:erivantseva@rupto.ru)

Рукопись получена: 01.08.2023. Рукопись одобрена: 24.08.2023. Статья опубликована онлайн: 11.09.2023.

© Эриванцева Т.Н., Тузова С.Ю., Лысков Н.Б., Блохина Ю.В., Исамова А.А., 2023



## Traumatology and Orthopedics in the Focus of Intellectual Property

Tatyana N. Erivantseva, Svetlana Yu. Tuzova, Nikolay B. Lyskov,  
Yulia V. Blokhina, Anna A. Isamova

*Federal Institute of Industrial Property, Moscow, Russia*

### Abstract

High incidence of injuries, diseases of musculoskeletal system and connective tissue leads to a high demand for modern high-tech materials in the area of orthopedics and traumatology. Development of russian materials is an extremely relevant issue, especially under conditions of restricted supply of foreign products to the Russian Federation. Creation of new products and their subsequent launch to the market require comprehensive protection of unique information about the design, composition or production/manufacturing technology of the product. Analysis of patenting domestic solutions for trauma and orthopedic surgery in the Russian Federation has shown that there are various risks associated with the commercialization of national products. For example, russian developers in a number of cases neglect patent protection of their developments, which puts successful developments at risk of unauthorized copying or claims from other market players. On the other hand, patenting strategy of domestic developers for their products in most cases contains a number of errors, such as narrow bounds of patent protection due to incorrectly drafted patent claims. For example, these can be in formulations that can be easily bypassed in case of commercial interest in the product, preferential patenting of technological processes, lack of comprehensive patent protection of the product. Such patenting errors make the development unattractive for investors and manufacturers, which leads to low commercializability of russian inventions. Thus, russian developers, who have significant scientific potential and competencies to create highly effective national products, do not proceed with technology transfer and cannot bring their promising and in-demand products to the market.

**Keywords:** traumatology, orthopedics, invention, utility model, patent, innovation.

---

**Cite as:** Erivantseva T.N., Tuzova S.Yu., Lyskov N.B., Blokhina Yu.V., Isamova A.A. Traumatology and Orthopedics in the Focus of Intellectual Property. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):124-135. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15522>.

✉ Tatyana N. Erivantseva; e-mail: [erivantseva@rupto.ru](mailto:erivantseva@rupto.ru)

Submitted: 01.08.2023. Accepted: 24.08.2023. Published online: 11.09.2023.

© Erivantseva T.N., Tuzova S.Yu., Lyskov N.B., Blokhina Yu.V., Isamova A.A., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Травматология и ортопедия является одним из наиболее технологичных и наукоемких направлений в современной медицине, поскольку ортопедические материалы и инструменты в большой степени определяют качество оказываемой населению медицинской помощи. Решение проблем хирургического лечения переломов костей и ортопедической патологии зачастую требует использования самых современных хирургических технологий и медицинских изделий (аппаратов, имплантатов), а также инструментария. Быстрое их совершенствование позволяет повысить вероятность благоприятного исхода специализированной медицинской помощи.

В настоящее время в мире отмечается высокий уровень травматизма и заболеваний костно-мышечной системы. Наиболее сильно затронуто такими болезнями население стран с высоким доходом (441 млн человек), далее следуют жители западной части Тихого океана (427 млн человек) и Юго-Восточной Азии (369 млн человек). Болезни костно-мышечной системы занимают ведущее место среди факторов инвалидности в мире<sup>1</sup>.

По данным Минтруда, в Российской Федерации (РФ) более 600 тыс. граждан имеют нарушения опорно-двигательного аппарата, ежегодно выполняется более 1 млн 200 тыс. высокотехнологичных операций пациентам травматолого-ортопедического профиля<sup>2</sup>.

Высокая потребность в травматолого-ортопедической помощи обуславливает значительный спрос на современные высокотехнологичные материалы, методики и изделия, что на фоне экономических санкций повышает актуальность использования именно отечественных разработок. Так, в 2022 г. распоряжением Правительства РФ определено, что в ближайшие три года свыше 2,7 млрд рублей будет направлено на модернизацию производств для выпуска медицинских изделий в области ортопедии и травматологии<sup>3</sup>, а в рамках Государственной программы РФ «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности» посредством реализации про-

екта реконструкции и технического перевооружения ФГУП «ЦИТО» к 2030 г. планируется увеличить долю отечественных изделий для травматологии и ортопедии до 30% и в перспективе полностью заместить импортную продукцию в этом сегменте<sup>4</sup>.

Следует отметить, что в настоящий момент доля импортных медицинских изделий, относящихся к травматологии и ортопедии, зарегистрированных в Государственном реестре медицинских изделий и организаций<sup>5</sup>, все еще превышает долю отечественных примерно в 1,5 раза. Так, в категории «Протезы суставов имплантируемые» российским производителям принадлежит 38% изделий, иностранным — 62% [1]. Таким образом, в свете ограничения поставки в Российскую Федерацию иностранных продуктов отечественные разработки в области травматологии и ортопедии являются весьма востребованными.

## ПАТЕНТОВАНИЕ НОВЫХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

Создание новых изделий и последующий вывод их на рынок требуют всесторонней охраны воплощенной в продукт уникальной информации о его устройстве, составе или технологии получения/изготовления [2, 3]. Зачастую средства (в том числе бюджетные), вложенные в разработку сверхконкурентного продукта, могут быть потрачены зря, если ее создатель не оформит свои права на нее, исключив тем самым возможность недобросовестным конкурентам скопировать продукт и производить его под собственными логотипами, а также предотвратив риск нарушения прав лиц, которые данную разработку уже запатентовали. Более того, вывод на рынок новых продуктов сопровождается публикацией охраняющих их патентных документов, и появление новых патентов косвенно свидетельствует о появлении новых разработок как на уровне отдельных компаний, так и страны в целом, демонстрируя уровень национального технологического суверенитета в определенной научно-технологической области. Анализируя патентную активность резидентов и нерезидентов<sup>6</sup> на территории РФ, можно делать выводы как о проводимых

<sup>1</sup> Заболевания опорно-двигательного аппарата. 2023 г. Всемирная организация здравоохранения. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>.

<sup>2</sup> Минтруд: более 600 тысяч россиян живут с нарушениями опорно-двигательного аппарата. 30 марта 2021 г. Интерфакс Россия. Режим доступа: <https://www.interfax-russia.ru/main/mintrud-bolee-600-tysyach-rossiyan-zhivut-s-narusheniyami-oporno-dvigatel'nogo-apparata>.

<sup>3</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 января 2022 года №24-р. Правительство России. Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/138973/>.

<sup>4</sup> Спектор В.С. Реализация программы импортозамещения в сфере травматологии и ортопедии. Санкт-Петербург, 2020 г. Человек и его здоровье. Режим доступа: <https://congress-ph.ru/common/htdocs/upload/fm/travma/20/prez/004.pdf>

<sup>5</sup> Государственный реестр медицинских изделий и организаций. 2023 г. Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения. Режим доступа: <https://roszdravnadzor.gov.ru/services/misearch>.

<sup>6</sup> Под резидентами подразумеваются российские патентообладатели патентов Российской Федерации на изобретения и полезные модели, под нерезидентами — иностранные патентообладатели патентов Российской Федерации.

в стране разработках и направлениях технологического развития, так и о заполнении технологических ниш иностранными разработчиками.

Высокая востребованность в ортопедии инновационных материалов и методик обуславливает их активную разработку во всем мире. Травматология и ортопедия, наряду с офтальмологией и кардиологией, занимает одну из лидирующих позиций по количеству зарегистрированных результатов интеллектуальной деятельности среди других областей медицины. Наиболее активно патентуются разработки в области ортопедии и травматологии в США, странах Европы (имеется в виду региональное патентование в рамках европейской патентной организации) и Китае (табл. 1).

Таблица 1  
Динамика патентования в мире  
в 2003–2022 гг.

Год	Количество патентов, выданных патентными ведомствами					
	США	Европа	Китай	Япония	Корея	РФ
2003	990	535	43	214	85	202
2004	1217	731	70	281	83	190
2005	1217	617	104	270	101	238
2006	1369	725	110	231	161	226
2007	1292	687	147	292	139	253
2008	1280	790	146	407	133	185
2009	1404	758	225	460	161	219
2010	1688	657	182	348	150	164
2011	1761	765	209	315	185	158
2012	2015	837	286	365	210	110
2013	2308	887	298	484	196	123
2014	2610	955	424	488	235	131
2015	2474	942	506	427	207	164
2016	2624	1174	610	475	204	148
2017	2737	1120	732	471	208	117
2018	2642	1127	903	499	190	167
2019	2922	1161	876	453	220	165
2020	2737	1099	1050	457	259	189
2021	2849	1038	1402	475	283	163
2022	2773	929	1323	544	264	85
Всего	40909	17534	9646	7956	3674	3397

Лидером патентования является Китай, в котором количество полученных в 2022 г. патентов в 33 раза превышает количество патентов, полученных в РФ, или в 18 раз, если сравнивать патентную активность за 2019 г. (доковидный период).

Анализ патентования отечественных разработок в области травматологии и ортопедии на территории РФ показал, что в аспекте их коммерциализации существуют следующие риски:

- российские разработчики пренебрегают патентной охраной своих разработок при выводе их на рынок, что создает угрозы получения претензий со стороны других рыночных игроков, своевременно запатентовавших свои продукты, и несанкционированного использования иными лицами упомянутых разработок;

- российские разработчики не формируют стратегию правовой охраны своих разработок, в частности отдается предпочтение только патентованию режимных технологических процессов даже в случае разработки медицинского изделия, что делает запатентованную разработку коммерчески не привлекательной для инвестора либо уязвимой с точки зрения «обхода» такого патента конкурентами.

Разберем подробнее сложившуюся в РФ ситуацию в сфере патентования в области ортопедии и травматологии в аспекте потенциала ее коммерциализации.

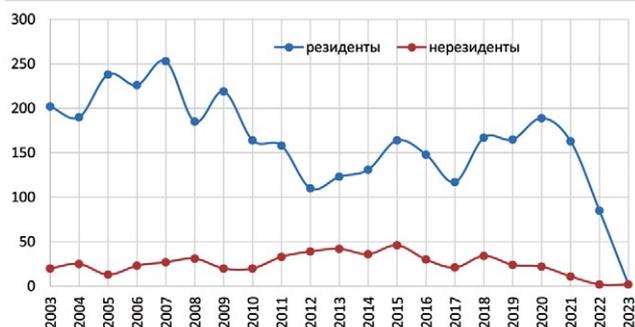
#### ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ С ПАТЕНТОВАНИЕМ РАЗРАБОТОК В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В РФ патентование отечественных разработок в области травматологии и ортопедии преобладает над зарубежными: резидентам принадлежит 87% патентов на изобретения и полезные модели (рис. 1).

К сожалению, в большом количестве случаев при выводе собственного продукта на рынок российские разработчики зачастую пренебрегают патентной охраной своих разработок, не уделяя должного внимания стратегии патентования, чем ставят свой продукт под угрозу предъявления претензий со стороны других рыночных игроков, успешно запатентовавших свои продукты. В случае наличия чужого действующего патента, мешающего выпуску отечественного продукта, необходимо иметь в виду, что нарушение чужих прав может привести к гражданско-правовой (ст. 1406.1 ГК РФ) и уголовной (ст. 147 ГК РФ) ответственности.

Таким образом, для своевременного занятия освобожденной рыночной ниши необходимо, прежде всего, оценить степень патентной охраны (на территории РФ) зарубежных продуктов ушедших компаний и статус выявленных охраняемых документов (действует или не действует).

Как известно, поддерживаемый патент (то есть действующий охранный документ) дает право патентообладателю запрещать третьим лицам использовать разработку в коммерческих целях и обратиться в суд с требованием получения компенсации и прекращения ее использования в случае установления факта неправомерного введения в оборот запатентованной разработки.



а



б

**Рис. 1.** Динамика патентования в области ортопедии и травматологии в Российской Федерации (данные за 2023 г. даны за 5 мес.): а — изобретений; б — полезных моделей

**Fig. 1.** Dynamics of patenting in orthopedics in the Russian Federation (data for 2023 are given for 5 months): а — inventions; б — utility models

Статус патента РФ является открытой информацией и публикуется на сайте ФИПС в разделе «Открытые реестры»<sup>7</sup>. При анализе патентов важно обращать внимание на правовой статус охранных документов, а также на оставшийся срок поддержания их в силе, если в наличии статус «действует». Статус «действует» свидетельствует

о том, что в рамках патента патентообладатель может воспользоваться всем спектром исключительных прав (статья 1229 ГК, статья 1358 ГК), в том числе запретительной функцией. Статус «не действует» указывает на то, что правовая охрана на запатентованную разработку более не распространяется и разработка перешла в общественное достояние (статья 1364 ГК), то есть ею может пользоваться любое лицо, и это не будет нарушением исключительных прав правообладателя. Так, например, анализ патентных документов за 20 лет показал, что действующим является в среднем каждый третий патент резидентов и каждый второй патент нерезидентов. Это позволяет сделать вывод о том, что нерезиденты больше заинтересованы в поддержке своих патентов ввиду введения в оборот своих разработок и получения временной монополии, в то время как резиденты относятся к получению охранного документа как к формальности, необходимой для составления отчета. Таким образом, поиск патентов на интересные технологии позволяет определить статус и оставшийся срок действия охранных документов, что необходимо для выработки стратегии поведения отечественных разработчиков на российском рынке.

Интересную картину показывает анализ патентования по различным областям травматологии и ортопедии (здесь и далее в анализ были включены только медицинские технологии без учета терапевтических методов лечения и профилактики). Исходя из данных патентной активности, основные разработки в анализируемой области относятся к таким направлениям, как «хирургические способы лечения», «имплантаты и протезы» и «устройства внешней и внутренней фиксации» (табл. 2). У резидентов большая часть патентов имеет статус «не действует», у нерезидентов практически по всем указанным направлениям наблюдается обратная картина: большинство патентов имеют статус «действует».

Всего по данным на 01.06.2023 в сфере травматологии и ортопедии действующими являлись 1282 патента, что составляет порядка 17% от общего количества полученных патентов в этой области за 20 лет. В то же время нерезиденты поддерживают в силе большее количество полученных патентов (54% патентов на изобретения и 60% патентов на полезные модели), чем резиденты (20% и 45% патентов соответственно), что демонстрирует отношение нерезидентов к охраняемым документам как к инструменту управления своими разработками при введении их в оборот (коммерциализации).

<sup>7</sup> <https://www.fips.ru/registers-web/>

Таблица 2

**Патентная активность по изобретениям/полезным моделям в области травматологии и ортопедии за 20 и 10 лет соответственно**

Направление	Резиденты		Нерезиденты	
	Действующие патенты	Недействующие патенты	Действующие патенты	Недействующие патенты
Хирургические способы лечения	382/27	1713/79	8/0	17/1
Устройства внешней и внутренней фиксации	171/76	496/165	54/7	80/2
Инструменты для ортопедических операций	15/32	58/43	28/0	48/1
Имплантаты и протезы	28/159	48/77	147/0	83/3
Инструментальная диагностика (например, артроскопы)	0/0	2/0	0/0	0/0
Средства нехирургического лечения (например, корсеты и шины)	32/29	119/62	42/5	14/1
Вспомогательные устройства для передвижения (например, вкладыши в обувь, средства для управления протезами)	4/1	14/3	0/0	0/0

Следует отметить, что доля иностранных патентообладателей в рассматриваемой области на территории РФ составляет лишь 13% от всех зарегистрированных в стране патентных документов, однако, несмотря на активное патентование изобретений российскими разработчиками, картина на рынке абсолютно противоположная: доля российских производителей на рынке медицинских изделий для травматологии и ортопедии порядка 13%, что явно не соответствует отечественной изобретательской активности и демонстрирует высокий интерес иностранных производителей к российскому рынку в области травматологии и ортопедии. Это объясняется тем, что иностранные компании стараются защитить свои разработки патентами не только в той стране, где зарегистрирована компания и выпускается продукт, но и на территории других стран, в которых планируется рынок сбыта продукта, реализуя таким образом стратегию захвата иностранного рынка. Отечественные же разработчики, получив патент, далеко не всегда доводят запатентованную разработку до коммерциализации и тем более не задумываются о реализации стратегии надежной правовой охраны.

Другим важным фактором является принадлежность наибольшего количества патентов российских патентообладателей НИИ и вузам, а в случае иностранных — промышленным компаниям.

Следует отметить, что активное патентование разработок иностранными патентообладателями в чужой стране и продвижение своих товаров на рынок создает угрозу для формирования национального технологического суверенитета в рассматриваемой области и, соответственно, развития национального бизнеса. Это связано с формированием условий блокирования возможности национального патентования отечественных перспективных продуктов, что препятствует выводу их на рынок. Учитывая, что ежегодно в России проводится порядка 1 млн 216 тыс. операций в области травматологии и ортопедии, из которых более 250 тыс. — операции на суставах<sup>8</sup>, российский рынок является крайне привлекательным для зарубежных поставщиков.

При патентовании своей разработки следует помнить, что патент выполняет в том числе рекламную функцию (демонстрирует уникальность продукта и инновационный потенциал компании-патентообладателя) и выступает инструментом извлечения прибыли. Последняя функция обуславливается исключительно умением построения стратегии патентной охраны, которая, по сути, и позволяет использовать патент как инструмент для извлечения прибыли. Такое внимание иностранных компаний к нематериальным активам, которые зачастую определяются именно патентами, обусловлена умением компаний пользоваться

<sup>8</sup> Невинная Н. Российские импланты помогут увеличить объемы ортопедической помощи. 11.04.2021. Российская газета. Режим доступа: <https://rg.ru/2021/04/11/rossijskie-implanty-pomogut-uvelichit-obemy-ortopedicheskoy-pomoshchi.html?ysclid=ijmko9udn0727263697>

патентом как инструментом по извлечению прибыли из своих разработок. С целью активизации финансовой функции патента и извлечения из этого максимальной прибыли иностранные разработчики и выстраивают стратегию патентования своих продуктов.

Так, нерезиденты преимущественно патентуют изобретения (в 93% случаев), в то время как российские разработчики предпочитают патентовать свои разработки в качестве изобретения только в два раза чаще полезных моделей. Полезную модель часто называют малым изобретением. Традиционно в мире в качестве полезных моделей охраняются разработки, касающиеся несложных с технической точки зрения решений, имеющих краткосрочный коммерческий цикл. При этом процедура рассмотрения заявок на полезные модели в патентных ведомствах проще и быстрее, нежели заявок на изобретения. Полезные модели, по сути, являются надежным объектом охраны для предприятий малого и среднего бизнеса, преимущественно выпускающих незначительно усовершенствованные известные продукты. Ресурсоемкие, инновационные решения охраняются согласно мировой практике в качестве иного объекта патентного права — изобретения.

Кроме того, эффективность стратегии патентной охраны преимущественно зависит от выбора того, как ключевая разработка запатентована. Например, распределение патентов по предметам патентования у резидентов и нерезидентов кардинально различается. У отечественных патентообладателей в 70% случаев объектом изобретений является «способ» (технология получения, технология изготовления, способ лечения/профилактики/диагностики и т.д.), тогда как у иностранных в 92% случаев — «продукт» (состав/материал, конструкция какого-либо устройства/детали и т.д.). Это связано, прежде всего, с тем, что иностранные компании предпочитают патентовать то, что наиболее легко может быть выявлено при отслеживании нарушения исключительных прав, а это «продукт». Например, в случае создания костного имплантата важно запатентовать основной (базовый, всегда используемый) состав костного имплантата и его конструктивные особенности (именно эти объекты позволяют выявить третьих лиц, несанкционированно использующих данную разработку). Безусловно, технологию (способ) получения этого имплантата и его использования также можно патентовать. Но базовой разработкой, первоначально патентуемой, должен быть продукт. При этом особенности, недоступные для выявления третьими лицами, целесообразно охранять в режиме ноу-хау.

При выстраивании стратегии правовой охраны разработки крайне важно осторожно относиться

к формулировкам характеристик продукта или способа. Например, некоторые технологические особенности получения (температурно-временные режимы, растворители и т.д.) или применения (варьируемые в зависимости от индивидуальных особенностей пациента или течения заболевания), которые достаточно сложно выявляются при исследовании продукта, целесообразно сохранить в режиме коммерческой тайны или постараться изложить их на функциональном уровне (при наличии такой возможности), минимизируя тем самым риск «обхода» (создания аналогичного продукта/способа с незначительными изменениями характеристик запатентованной разработки) конкурентами запатентованной разработки.

### ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ С КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЕЙ РАЗРАБОТОК В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Одним из показателей востребованности запатентованной разработки является срок поддержания патента в силе. Из всех проанализированных направлений в области травматологии и ортопедии субтехнология «Имплантаты и протезы» имеет наибольший срок поддержания патентов на изобретение в силе: в среднем 7 лет у резидентов и 10 лет у нерезидентов. Из этого можно сделать вывод о том, что данная субтехнология является одной из наиболее успешных в аспекте коммерциализации разработок.

Также одни из наиболее продолжительных сроков поддержания патентов на изобретение в силе отмечаются еще по двум направлениям:

- «средства нехирургического лечения (например, корсеты и шины)» — в среднем 8 лет как для резидентов, так и для нерезидентов;
- «устройства внешней и внутренней фиксации» — в среднем 6 лет для нерезидентов и 9 лет для резидентов.

Следует особо отметить, что практически по всем направлениям в области травматологии и ортопедии средний срок поддержания патентов в силе у резидентов не превышает 5 лет, а в большом количестве случаев патент на полезную модель не поддерживается сразу после получения охранного документа, что свидетельствует о низком уровне коммерческой привлекательности российских разработок и неактуальности их с точки зрения востребованности рынком. В среднем срок поддержания патентов на изобретения у резидентов составляет 5,6 лет, а у нерезидентов — 8,7 лет.

Большой срок поддержания патентов в силе у нерезидентов, скорее всего, свидетельствует о более активном коммерческом использовании ими своих патентов. В этой связи возникает закономерный вопрос о причинах некоммерциализуемости большинства патентов российских раз-

работчиков. Вероятно, одной из них является то, что преобладающими патентообладателями в нашей стране являются НИИ и вузы, не реализующие трансфер технологий.

Из анализа общего широкого спектра запатентованных НИИ и вузами отечественных продуктов можно сделать вывод, что у российских разработчиков имеется значительный научный потенциал и компетенции для создания высокоэффективных отечественных продуктов (рис. 2). Однако сравнение данных о патентовании и распоряжении правом интеллектуальной собственности свидетельствует о том, что до коммерциализации доходит крайне низкий процент разработок в области ортопедии, то есть отсутствует трансфер технологий (табл. 3). Например, из 1222 патентов НИИ на изобретение только по четырем (!) было зарегистрировано распоряжение правом, что никак не согласуется с затраченными средствами федерального бюджета<sup>9</sup>.



**Рис. 2.** Активность патентования изобретений за 20 лет и полезных моделей за 10 лет различными категориями патентообладателей

**Fig. 2.** Patenting activity of inventions (over 20 years) and utility models (over 10 years) by different categories of patentees

Одной из причин столь малой коммерциализуемости разработок вузов и НИИ является тот факт, что при патентовании они отдают предпочтение регистрации патентных прав на режимные технологии лечения и диагностики. Это можно объяснить низким уровнем образования в области интеллектуальной собственности. Кроме того, некоторые исследователи указывают на то, что основным направлением деятельности вузов и НИИ является разработка новых методов оперативного лечения пациентов с патологией опорно-двигательной системы, методов лечения и профилактики послеоперационных осложнений, а также персонализированная медицина (регенеративная медицина, аддитивные технологии)<sup>10</sup>, которые являются коммерчески непривлекательными для рынка ввиду своей низкой монетизируемости.

Еще одной причиной является получение исследователями из вузов и НИИ патентов на свои разработки для требуемой отчетности при получении грантов или в качестве доказательства новизны и практической значимости предложенных методов и решений при защите кандидатских и докторских диссертаций. В связи с этим в большинстве случаев вузы и НИИ не придают большого значения тому, что и как патентовать, поскольку в изначально не планируется коммерциализация разработок.

Перечисленные причины фактически в своей основе имеют банальное неумение патентовать свои разработки так, чтобы они были коммерчески привлекательными для производителей. Например, вместо патентования собственно продуктов, в которых заинтересованы предприятия, патентуются только технологии (режимные способы), причем в формулировках, которые достаточно легко обойти при наличии коммерческого интереса к продукту.

Таблица 3

**Распоряжение правом на различные объекты интеллектуальной собственности разными патентообладателями за период 20 лет для изобретений и 10 лет для полезных моделей**

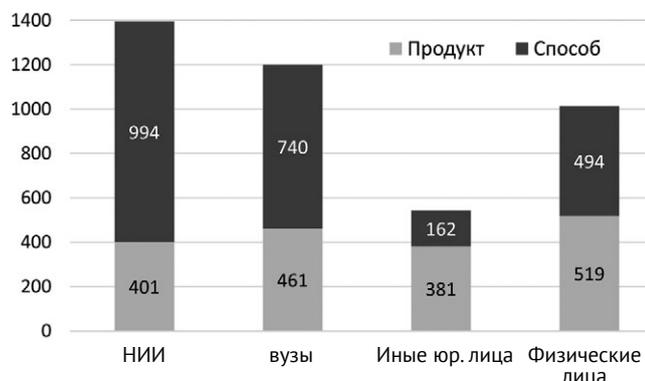
Патенты РФ	Вузы		НИИ		Иные юридические лица		Физические лица	
	д	н/д	д	н/д	д	н/д	д	н/д
Изобретения	7	0	3	1	13	0	3	4
Полезные модели	5	2	3	3	14	2	3	3

д — действует, н/д — не действует.

<sup>9</sup> Например, в 2021 г. объем ассигнований из федерального бюджета составил 626,6 млрд руб., а в 2022 г. — 631,7 млрд руб. [Цена российской науки: расходы федерального бюджета. 26.07.2023. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/848712418.html>].

<sup>10</sup> Публичный отчет ФГБУ «НМИЦ им. Н.Н. Приорова» Минздрава России за 2021 год. Режим доступа: <https://www.cito-priorov.ru/cito/Публичный%20отчет.pdf>.

Анализ патентной активности подтверждает вышеуказанные выводы. Так, предприятия, заинтересованные в коммерциализации своих разработок, предпочитают патентовать «продукты», а вузы и НИИ, где превалирует исследовательский интерес, патентуют «способы» (рис. 3).



**Рис. 3.** Предметы патентования в Российской Федерации различными категориями патентообладателей за 20 лет

**Fig. 3.** Subjects of patenting in the Russian Federation by different categories of patentees over the last 20 years

Стоит особо отметить, что научные центры, в которых ученые и врачи разрабатывают новые методы оперативного лечения пациентов, медицинские инструменты и аппаратуру, обладают современным оборудованием, характеризующимся уникальными исследовательскими функциями, которые могут быть интересны для производственных компаний при создании инновационных продуктов. При этом патентными правами на созданные продукты могут обладать совместно как ученые или врачи, так и производственные компании. Например, НИИ обладают оборудованием, позволяющим реализовать аддитивные технологии и проектировать ортопедическую конструкцию с учетом индивидуальных особенностей костного дефекта [4]. Нарастающая популярность аддитивных технологий в травматологии и ортопедии может также способствовать увеличению активности в разработке и регистрации новых способов, связанных с 3D-реконструкцией анатомических структур и созданием виртуальной модели костного дефекта, производством и имплантацией персонифицированных имплантов. Однако регистрируется в качестве патента на изобретение или полезную модель крайне низкое количество совместных разработок ученых и про-

изводителей. При этом значительного количества передачи патентных прав от ученых производственным компаниям также нет, и в целом отмечается низкое количество распоряжений правом в рассматриваемой области.

Передача прав на такой объект патентного права, как способ, была осуществлена за последние 20 лет в 10 случаях из 66, причем из этих 10 патентов в настоящий момент не действуют 3 патента.

Процесс получения охраны исключительных прав в сфере интеллектуальной собственности на объекты РИД, перечисленные в рамках п. 1 ст. 1225 ГК РФ, части четвертой<sup>11</sup>, введенной в действие с 01 января 2008 г. Федеральным законом от 18 декабря 2006 г. № 231-ФЗ, с учетом изменений<sup>12</sup>, вступивших в силу с 26 июля 2019 г., является актуальной задачей для обеспечения устойчивого роста российской экономики.

Во всем мире высокие технологии и интеллектуальная собственность являются неразрывно связанными факторами развития экономики, обеспечивая устойчивый инновационный курс развития отрасли и страны. При этом формирование конкурентоспособных отраслей и производств, расширение рынка наукоемкой продукции невозможно без обеспечения эффективной защиты интеллектуальной собственности [6]. Интеллектуальная собственность является одним из важнейших стратегических активов предприятия в связи с тем, что технологические разработки являются основой всего бизнес-процесса реализации продукта. Новейшие передовые технологии, инновации, в которых воплощены результаты интеллектуальной деятельности, становятся основным двигателем научно-технического процесса как на отдельных предприятиях в различных отраслях промышленности, так и государства в целом.

Известно, что коммерческий успех разработки тесно связан с обеспечением правовой охраны всех ее составляющих, с помощью которых обеспечивается получение нового продукта или способа [3]. К сожалению, в большинстве случаев российские патентообладатели ограничиваются только патентной охраной одного компонента созданной технологии, не заботясь об охране всех ее составляющих, возможных вариантов/форм его производства или использования.

При построении стратегии патентной охраны своего продукта следует помнить, что [3]:

– получить патентную охрану необходимо на все содержащиеся в разработке потенциально ох-

<sup>11</sup> Гражданский кодекс Российской Федерации — часть четвертая (с изм. на 5 декабря 2022 года, редакция, действующая с 29 июня 2023 года).

<sup>12</sup> Федеральный закон от 12.03.2014 г. № 35-ФЗ «О внесении изменений в части первую, вторую и четвертую Гражданского кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Российская газета. № 59. 14.03.2014.

раноспособные части разработки, которые могут быть воспроизведены третьими лицами при ознакомлении с новой разработкой;

– в формуле изобретения необходимо использовать характеристики — индикаторы технологии, которые легко выявить при отслеживании нарушения прав, которые не будут зависеть от прибора, на котором получены;

– в заявке необходимо описать полученный продукт с учетом возможных вариантов его выполнения (составов, отдельных деталей, технологий получения/выполнения и т.д.), со всеми модификациями и возможными усовершенствованиями;

– патент действует на территории того государства, в котором выдан, а значит, целесообразно при формировании стратегии задуматься над перспективами продвижения разработки в другие страны, следовательно, о зарубежном патентовании;

– начитать патентование необходимо с ключевой (базовой) технологии, постепенно переходя к частным формам ее использования.

Разберем подробнее указанные принципы формирования патентной охраны на примерах.

Коммерчески успешный подход к патентованию своих разработок можно продемонстрировать на разработке компании Stryker (США). Согласно публичному отчету за 2022 г., объем продаж компании составил 18,4 млрд \$. В общей сложности компания владеет более 12 000 патентами, из них в области травматологии и ортопедии зарегистрировано 566 патентов, что принесло компании около 7,7 млрд \$ (42% от общего объема продаж) за 2022 год<sup>15</sup>. Следует отметить комплексный подход данной компании к защите своей интеллектуальной собственности. Так, например, хирургическая роботизированная система для замены суставов Mako охраняется 79 патентами. Причем компания патентует свои разработки не только на территории США, но и за рубежом. Так, странами интереса являются Япония, Китай, Австралия, Корея, Европа. Система для лечения позвоночника Mesa Spinal Systems той же компании охраняется 29 патентами.

Схематично комплексный подход к получению правовой охраны разработки можно продемонстрировать на условном примере ортопедического гексапода, применяющегося в ортопедии для коррекции сложных многоплоскостных деформаций костей конечностей. Отдельные части данного прибора могут охраняться несколькими документами как патентного права, так и авторского. Кроме того, в качестве торгового знака можно зарегистрировать название этого прибора или логотип фирмы-изготовителя (рис. 4).

Другой важный аспект патентной охраны часто выявляется в случае выставления кому-либо обвинения в недобросовестной конкуренции, а именно — копировании чужого продукта. Вопрос об использовании изобретения или полезной модели решается в рамках сопоставительного анализа независимого пункта формулы и анализируе-



**Рис. 4.** Варианты объектов, на которые можно получить правовую охрану, на примере роботизированной системы внешней фиксации для коррекции деформации костей [6]

**Fig. 4.** Variants of objects for which legal protection can be obtained by using a distraction apparatus for osteosynthesis as an example [6]

<sup>15</sup> Comprehensive Report (Financial, environmental, social and governance). 2022. Stryker. Режим доступа: [https://s22.q4cdn.com/857738142/files/doc\\_financials/annuals/2022/SKY-002\\_2022-Comprehensive-Report\\_Full-report\\_FINAL\\_ADA.pdf](https://s22.q4cdn.com/857738142/files/doc_financials/annuals/2022/SKY-002_2022-Comprehensive-Report_Full-report_FINAL_ADA.pdf).

мого объекта — продукта или способа с учетом положений ст. 1358 ГК РФ. При этом учету подлежат все признаки, приведенные в независимом пункте.

Таким образом, очевидно, что чем меньше признаков в независимом пункте и шире степень их обобщения, тем эффективнее охрана запатентованного технического решения (безусловно, при этом важно учитывать предшествующий уровень знаний).

Разные подходы к составлению формулы изобретения в российских и иностранных патентах можно продемонстрировать на двух патентах — российского и американского патентообладателей. В патенте РФ № 2670697 от 24.10.2018 «Способ хирургического лечения хронической латеральной нестабильности голеностопного сустава с передне-латеральным доступом» российского разработчика наблюдается значительное сужение патентных прав ввиду слишком подробного описания всех этапов хирургической операции: разработчик подробно описывает укладку пациента, асептическую обработку операционного поля, установку портов; указывает угол зрения артроскопа, длину разрезов, материал и толщину нитей для сшивания. При этом следует учитывать, что описываемые предварительные этапы операции являются, как правило, стандартными, также как и используемый операционный инструментарий, если только он не является предметом патентования.

Как указано в ст. 1358 ГК РФ п. 3:

– изобретение признается использованным в продукте или способе, если продукт содержит, а в способе использован каждый признак изобретения, приведенный в независимом пункте содержащейся в патенте формулы изобретения, либо признак, эквивалентный ему и ставший известным в качестве такового в данной области техники до даты приоритета изобретения.

– полезная модель признается использованной в продукте, если продукт содержит каждый признак полезной модели, приведенный в независимом пункте содержащейся в патенте формулы полезной модели.

В качестве примера составления формулы иностранными разработчиками можно привести патент США № 11338061 от 24.05.2022 «Способ лечения костного дефекта», в котором раскрыта суть разработки — установка костного трансплантата из определенного материала, а в отношении этапа его установки указано лишь то, что ему при-

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Эриванцева Т.Н.* — дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста статьи.

*Тузова С.Ю.* — дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, сбор и анализ данных.

дают необходимую форму и размер для введения в костный дефект и осуществляют вживление сформированного имплантата в костный дефект.

Излишне детализированное описание устройства можно продемонстрировать на примере российского патента № 2766250, 10.02.2022 «Имплантат для замещения зоны костного дефекта на передней поверхности гленоида лопатки плечевого сустава», где формула изобретения перегружена несущественными приемами, характеризующими, например, подготовительные этапы изготовления имплантата — МСКТ, указание на трехмерную реконструкцию имплантата и его индивидуальность, использование которых чрезвычайно сужает объем патентной защиты. Такой патент легко обойти конкурентам, не рискуя нарушить права патентообладателя рассматриваемого патента. В противовес ему в качестве примера правильно составленной формулы изобретения можно привести патент США № 9775712 от 03.10.2017 «Остеокондуктивный и остеоиндуктивный имплантат для стабилизации или реконструкции дефектов», где описаны исключительно те признаки, которые характеризуют непосредственно имплантат, причем используется прием описания конструктивных элементов, описанных на уровне выполняемой функции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вывод нового продукта на рынок рискован без надежной патентной охраны. Грамотно выстроенная стратегия правовой охраны позволяет сделать продукт привлекательным для рынка и инвесторов, тем самым извлечь из него максимальную прибыль.

Анализ патентной активности показал, что для насыщения рынка отечественными изделиями для травматологии и ортопедии предпочтительна коллаборация между крупнейшими научно-клиническими центрами, имеющими возможность разработать продукт, создать доказательную базу, демонстрирующую безопасность и надежность производимых изделий, и научно-производственными центрами, имеющими компетенции в его производстве и выводе на рынок.

Продуманная стратегия управления правовой охраны создаваемых отечественных разработок в сфере травматологии и ортопедии должна сопровождать разработку на протяжении всего срока ее существования.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Erivantseva T.N.* — study design, literature search and analysis, data analysis and interpretation, writing the article.

*Tuzova S.Yu.* — study design, literature search and analysis, data analysis and interpretation.

*Лысков Н.Б.* — сбор, анализ и интерпретация данных, редактирование статьи.

*Блохина Ю.В.* — сбор, анализ и интерпретация данных, редактирование текста статьи.

*Исамова А.А.* — сбор, анализ и интерпретация данных, редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Ванин А. Рынок медизделий: основные факторы на рынке медизделий для остеосинтеза. *Ремедиум*. 2004;(4-6):92-94. doi: 10.21518/1561-5936-2020-4-5-6-92-94  
Vanin A. Medical devices market: main factors in the osteosynthesis devices market. *Remedium*. 2004;(4-6):92-94. (In Russian). doi: 10.21518/1561-5936-2020-4-5-6-92-94.
- Эриванцева Т.Н. Патентование разработок в области нейрохирургии: реальность и перспективы. *Хирургия позвоночника*. 2019;16(1):88-93. doi: 10.14531/ss2019.1.88-93.  
Erivantseva T.N. Patenting of developments in the field of neurosurgery: reality and prospects. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2019;16(1):88-93. (In Russian). doi: 10.14531/ss2019.1.88-93.
- Эриванцева Т.Н. Патентная стратегия или Как сделать так, чтобы интеллектуальная собственность работала. Москва: ПЛАНЕТА; 2021. с. 48.

*Lyskov N.B.* — data collection and processing data analysis and interpretation, drafting the article.

*Blokhina Yu.V.* — data collection and processing data analysis and interpretation, drafting the article..

*Isamova A.A.* — data collection and processing data analysis and interpretation, drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

Erivantseva T.N. Patent Strategy or How to Make Intellectual Property Work. Moscow: PLANETA; 2021. p. 48. (In Russian).

- Гольник В.Н., Пелеганчук В.А. Интеграция цифровых технологий в ортопедии: персонифицированные импланты в ревизионной артропластике. *Opinion Leader*. 2021;(44):50-54.  
Gol'nik V.N., Peleganchuk V.A. Integrating digital technology in the orthopedics: the personalized implants in the revision arthroplasty. *Opinion Leader*. 2021;(44):50-54. (In Russian).
- Бут Н.Д., Паламарчук А.В. Теоретические и практические основы защиты интеллектуальной собственности. Москва: Аванта+; 2011. с. 217.  
But N.D., Palamarchuk A.V. Theoretical and practical bases of intellectual property protection. Moscow: Avanta+; 2011. p. 217.
- Gigi R., Mor J., Lidor I., Ovadia D., Segev E. Auto Strut: a novel smart robotic system for external fixation device for bone deformity correction, a preliminary experience. *J Child Orthop*. 2021;15(2):130-136. doi: 10.1302/1863-2548.15.210063.

## Сведения об авторах

✉ Эриванцева Татьяна Николаевна — канд. мед. наук  
Адрес: Россия, 125993, г. Москва, Бережковская наб., д. 30, корп. 1  
<https://orcid.org/0000-0002-7891-9776>  
e-mail: erivantseva@rupto.ru

Тузова Светлана Юрьевна — канд. хим. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-5988-4726>  
e-mail: svetlana.tuzova@rupto.ru

Лысков Николай Борисович  
<https://orcid.org/0000-0003-4655-9275>  
e-mail: otd1463@rupto.ru

Блохина Юлия Валерьевна  
<https://orcid.org/0000-0002-7288-0137>  
e-mail: yblokhina@rupto.ru

Исамова Анна Андреевна  
<https://orcid.org/0009-0003-0726-6629>  
e-mail: anna.isamova@rupto.ru

## Authors' information

✉ Tatyana N. Erivantseva — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 30-1, Berezhkovskaya emb., Moscow, 125993, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-7891-9776>  
e-mail: erivantseva@rupto.ru

Svetlana Yu. Tuzova — Cand. Sci. (Chem.)  
<https://orcid.org/0000-0001-5988-4726>  
e-mail: svetlana.tuzova@rupto.ru

Nikolay B. Lyskov  
<https://orcid.org/0000-0003-4655-9275>  
e-mail: otd1463@rupto.ru

Yulia V. Blokhina  
<https://orcid.org/0000-0002-7288-0137>  
e-mail: yblokhina@rupto.ru

Anna A. Isamova  
<https://orcid.org/0009-0003-0726-6629>  
e-mail: anna.isamova@rupto.ru

Обзорная статья

УДК 616.728.38-007.251-089.844-089.193.4

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-2130>

## Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы)

А.С. Гофер, А.А. Алекперов, М.Б. Гуражев, А.К. Авдеев, В.В. Павлов,  
А.А. Корыткин

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»  
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Количество первичных реконструкций передней крестообразной связки (ПКС) ежегодно увеличивается, что обуславливает рост ревизионных вмешательств из-за несостоятельности трансплантата ПКС. При изучении литературных данных выявляется множество факторов, которые в совокупности влияют на исход ревизионной реконструкции ПКС, но не всегда учитываются хирургами.

**Цель исследования** — провести систематический обзор исследований, в которых оценивались результаты ревизионных реконструкций передней крестообразной связки и определить оптимальные решения наиболее часто встречающихся задач, возникающих при предоперационном планировании.

**Материал и методы.** Проведен информационный поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed и Scopus за период с 2013 по 2022 г. Для анализа отобраны исследования, в которых описывались основные аспекты ревизионной реконструкции ПКС. Критерии включения: средний срок наблюдения пациентов не менее 12 мес., количество наблюдений не менее 10 случаев. После оценки 898 статей в систематический обзор было включено 22 статьи.

**Результаты.** Выявлено пять основных факторов, которые нужно учитывать при предоперационном планировании ревизионной реконструкции ПКС: выбор трансплантата, необходимость реконструкции переднелатерального комплекса, коррекция деформации плато большеберцовой кости в сагиттальной плоскости, определение показаний к одно- или двухэтапному вмешательству, метод замещения костных дефектов при двухэтапном оперативном лечении.

**Заключение.** Предпочтение при выборе трансплантата должно отдаваться аутоканям пациента. Коррекция избыточного переднезаднего угла наклона плато большеберцовой кости выполняется только при повторном ревизионном вмешательстве, если угол наклона превышает 12°. Восстановление переднелатерального комплекса должно выполняться молодым, активным пациентам, которые занимаются «поворотными» видами спорта, а также при наличии выраженной передней нестабильности. При определении возможности выполнения ревизионной пластики ПКС в один или два этапа диаметр канала не является основополагающим параметром, так как необходимо учитывать возможность слияния каналов от предшествующей операции с вновь проведенными. При наличии каналов с корректными точками входа одноэтапная ревизионная пластика может быть выполнена при ширине канала не более 10 мм и в зависимости от предполагаемого диаметра и вида подготовленного сухожильного трансплантата. Костная пластика вторично расширенных каналов при двухэтапном вмешательстве может осуществляться любым материалом, однако аллокостные или синтетические трансплантаты обладают определенными преимуществами.

**Ключевые слова:** передняя крестообразная связка, артроскопия коленного сустава, пластика ПКС, ревизионная реконструкция ПКС.

**Для цитирования:** Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В., Корыткин А.А. Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки: современные подходы к предоперационному планированию (систематический обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):136-148. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2130>.

Гофер Антон Сергеевич; e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Рукопись получена: 19.01.2023. Рукопись одобрена: 23.06.2023. Статья опубликована онлайн: 30.08.2023.

© Гофер А.С., Алекперов А.А., Гуражев М.Б., Авдеев А.К., Павлов В.В., Корыткин А.А., 2023



## Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review)

Anton S. Gofer, Aleksandr A. Alekperov, Mikhail B. Gurazhev, Artem K. Avdeev, Vitaliy V. Pavlov, Andrey A. Korytkin

*Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia*

### Abstract

**Background.** The number of primary anterior cruciate ligament (ACL) reconstructions increases every year, which causes an increase in revision interventions due to ACL graft failure. When studying the literature, we identify many factors that together influence the outcome of revision ACL reconstruction, but are not always taken into account by surgeons.

**Aim of the review** – is to perform a systematic review of studies that evaluated the outcomes of revision anterior cruciate ligament reconstructions and to identify optimal solutions to the most common problems encountered in preoperative planning.

**Methods.** Information search was performed in the eLIBRARY, PubMed, and Scopus databases for the period from 2013 to 2022. Studies describing the main aspects of revision ACL reconstruction were selected for analysis. Inclusion criteria were the following: mean patient follow-up period of no less than 12 months, number of observations of no less than 10 cases. After evaluation of 898 articles, 22 articles were included in the systematic review.

**Results.** Five main factors that should be taken into account in preoperative planning of revision ACL reconstruction have been identified: choice of the graft, necessity of reconstruction of the anterolateral complex, correction of tibial plateau deformity in the sagittal plane, determination of indications for one- or two-stage intervention, method of bone defect replacement in two-stage surgical treatment.

**Conclusion.** The patient's autogenous tissues should be preferred when choosing a graft. Correction of excessive anteroposterior tibial plateau inclination angle is performed only at the second revision intervention if the inclination angle exceeds 12°. Reconstruction of the anterolateral complex should be performed in young, active patients who are involved in pivot sports and in case of severe anterior instability. When determining the possibility of performing revision ACL reconstruction in one or two stages, the canal diameter is not a crucial parameter, as it is necessary to take into account the possibility of fusion of the canals from the previous surgery with the newly created ones. If the canals have correct entry points, one-stage revision reconstruction can be performed with the canal width not exceeding 10 mm and depending on the expected diameter and type of the prepared tendon graft. Bone grafting of the secondary dilated canals in two-stage intervention can be carried out using any material, but allogeneous bone or synthetic grafts have certain advantages.

**Keywords:** anterior cruciate ligament, knee arthroscopy, ACL reconstruction, ACL revision reconstruction.

---

**Cite as:** Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Current Approaches to Preoperative Planning (Systematic Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):136-148. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2130>.

✉ Anton S. Gofer; e-mail: [a.hofer.ortho@gmail.com](mailto:a.hofer.ortho@gmail.com)

Submitted: 19.01.2023. Accepted: 23.06.2023. Published online: 30.08.2023.

© Gofer A.S., Alekperov A.A., Gurazhev M.B., Avdeev A.K., Pavlov V.V., Korytkin A.A., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Разрыв передней крестообразной связки (ПКС) — одно из самых частых внутрисуставных повреждений коленного сустава. По данным литературы, встречаемость данной травмы составляет 36,9–60,9 случаев на 100 тыс. человек [1, 2, 3, 4, 5]. Учитывая высокую частоту данного повреждения, число первичных реконструкций ПКС увеличивается каждый год. Соответственно, увеличивается и число выполняемых ревизионных вмешательств из-за несостоятельности или повторного повреждения трансплантата ПКС. За последние десятилетия частота выполнения ревизионной реконструкции ПКС выросла с 4,1 до 13,3% [6, 7, 8].

Повторная реконструкция ПКС является более сложным оперативным вмешательством, чем первичная, вследствие ряда особенностей:

- нестандартная техника операции [4, 9, 10];
- увеличенное время операции [10];
- необходимость использования специализированного инструментария [3, 5, 10];
- использование ревизионных имплантатов [7, 9];
- наличие сопутствующих внутрисуставных повреждений коленного сустава [9, 10, 11].

Для получения хорошего клинического результата ревизионной пластики ПКС требуется понимание причин первоначальной неудачи, так как эти данные необходимы для выполнения адекватного предоперационного планирования, технической корректировки самой операции и последующей реабилитации пациента [12].

Согласно современным литературным данным, планирование ревизионного вмешательства на ПКС должно включать следующие аспекты:

- выбор трансплантата для ревизионной реконструкции ПКС [13, 14];
- выбор одно- или двухэтапной техники операции [15, 16, 17];
- выбор материала для замещения костных дефектов при двухэтапном вмешательстве [18, 19];
- необходимость восстановления переднелатерального комплекса (ПЛК): пластика антеролатеральной связки (АЛС) или латеральный экстраартикулярный тенодез (ЛЭТ) [20, 21, 22];
- необходимость коррекции избыточного угла наклона плато большеберцовой кости (ПБК) в сагиттальной плоскости [23, 24, 25, 26].

Таким образом, в тактике лечения при рецидиве нестабильности коленного сустава после первичной реконструкции ПКС остается множество аспектов, требующих более детального изучения. Актуальность этой темы и отсутствие единого мнения относительно подхода к выполнению ревизионной реконструкции ПКС послужило поводом

для проведения систематического обзора литературы и определило цель исследования.

*Цель исследования* — провести систематический обзор исследований, в которых оценивались результаты ревизионных реконструкций передней крестообразной связки и определить оптимальные решения наиболее часто встречающихся задач, возникающих при предоперационном планировании.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен информационный поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed и Scopus. Глубина поиска нашего исследования составила 9 лет — с 2013 по 2022 г. Для поиска русскоязычных работ использовались ключевые слова: ревизионная артроскопия коленного сустава, несостоятельность трансплантата ПКС, ревизионная реконструкция ПКС. Для поиска в зарубежных источниках — ACL revision surgery, ACL graft failure, anterior cruciate ligament reconstruction.

Алгоритм отбора публикаций представлен на блок-схеме, выполненной по рекомендациям PRISMA для систематических обзоров и метаанализов (рис. 1).

Критерии включения в количественный анализ: средний срок наблюдения пациентов не менее 12 мес., количество наблюдений не менее 10 случаев. При соблюдении заданных критериев включения не выявлено публикаций, связанных с применением ауто трансплантата сухожилия длинной малоберцовой мышцы для выполнения ревизионных вмешательств по поводу повреждения трансплантата ПКС, а также обнаружено ограниченное количество исследований, относящихся к выявлению влияния избыточного переднезаднего угла наклона ПБК на исходы реконструкций ПКС. На этом основании нами сделаны вынужденные исключения для трех статей: в двух публикациях [27, 28] описано использование сухожилия длинной малоберцовой мышцы при выполнении первичной реконструкции ПКС, что не соответствует критерию включения, касающегося рассмотрения статей именно ревизионных реконструкций ПКС, а в исследовании, где описана коррекция деформации ПБК [23], описано 9 случаев, что не соответствует критериям по количеству случаев. В конечном итоге с учетом всех критериев для количественного анализа было отобрано 22 публикации, в том числе три метаанализа [15, 21, 27] (табл. 1).

## Статистический анализ

Для оценки данных применялись методы описательной статистики: данные выражались как средние (M) со стандартными отклонениями (SD) и максимальным (max) и минимальным (min) значениями.



Рис. 1. Блок-схема поиска и отбора публикаций  
 Рис. 1. Flow chart of literature search and selection

Таблица 1

Статьи, отобранные для количественного анализа

Авторы	Уровень доказательности	Год	Кол-во случаев	Средний возраст, лет	Средний срок наблюдения, мес.
Colatruglio M. [15]	IV	2020	524	–	49
von Recum J. [18]	I	2020	40	31	24
Louis M. [20]	IV	2017	349	29	48
Grassi A. [21]	IV	2020	851	28	58
Dejour D. [23]	III	2015	9	30	48
He J. [27]	II	2021	925	27	19
Goyal T. [28]	IV	2021	10	33	12
MARS Group [29]	II	2014	1200	26	24
Nissen K.A. [30]	III	2018	1619	29	12
Barié A. [31]	III	2019	78	30	52
Winkler P.W. [32]	III	2022	260	26	72
Eggeling L. [33]	III	2021	114	29	27
Ahn J.-H. [34]	III	2020	93	–	24
Mitchell J. [35]	III	2017	88	31	24
Dragoo J. [36]	IV	2018	18	26	24
Werner B.C. [37]	IV	2016	16	28	32
Prall W. [38]	IV	2020	103	29	12
Franceschi F. [39]	III	2013	30	29	60
Alm L. [40]	IV	2020	73	31	24
Winkler P. [41]	III	2021	102	23	62
Napier R. [26]	III	2019	330	25	24
Akoto R. [42]	IV	2020	20	27	30

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Общее количество клинических наблюдений составило 3238: минимальное количество — 9 человек, максимальное — 1619. Сроки наблюдения составили в среднем  $33,9 \pm 18,3$  мес. (от 12 до 72 мес.). Средний возраст пациентов —  $28,8 \pm 2,6$  года (от 23 до 33 лет, Me = 29 лет). В 19 исследованиях было приведено соотношение мужчин и женщин: в среднем 59,7% мужчин и 40,3% женщин.

При проведении систематического обзора литературы были выявлены наиболее часто встречающиеся проблемы, которые для оптимизации обзора были разделены на два блока.

Первый блок: определение типа трансплантата. Двумя основными категориями трансплантатов являлись алло- и аутографты. В 2353 случаях использовали различные варианты аутотрансплантатов, наиболее часто встречающимися типами являлись сухожилия подколенных сгибателей голени (НТ) — 1420, четырехглавой мышцы бедра (QT) — 415, длинной малоберцовой мышцы (PLT) — 57 и трансплантат кость-сухожилие-кость — 461.

Использование аллотрансплантатов описано в 7 работах (486 случаев).

Второй блок: наличие дополнительных хирургических вмешательств, таких как костная пластика имеющихся вторично расширенных каналов после первичной операции; коррекция переднезаднего наклона ПБК; восстановление ПЛК.

Результаты костной пластики вторично расширенных каналов описаны в 6 работах (289 случаев), так же как результаты восстановления ПЛК в ходе ревизионной реконструкции ПКС — 6 работ (574 случая). Коррекция переднезаднего наклона ПБК выполнялась в 4 работах (71 случай).

Оценка функциональных результатов в большинстве работ проводилась по шкалам Lisholm, IKDC и Tegner. В 12 исследованиях сравнивали функцию сустава до и после ревизионной операции по шкале Lisholm, в 8 работах — по шкале IKDC и в 10 — по шкале Tegner. Во всех исследованиях отмечается улучшение показателей в послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным (табл. 2).

Таблица 2

Оценка функциональных результатов по шкалам, баллы

Статистический показатель	Lisholm		IKDC		Tegner	
	до операции	после операции	до операции	после операции	до операции	после операции
M	$56,6 \pm 8,4$	$83,6 \pm 6,7$	$52,2 \pm 7,0$	$77,6 \pm 7,7$	$3,2 \pm 0,7$	$5,35 \pm 0,80$
Me	56,5	88,0	54,3	78,9	3,0	5,5
Min	38,4	72,5	40,0	64,0	2,5	4,3
Max	69,8	95,0	63,3	89,0	5,2	7,0

Анализ публикаций показал, что осложнения, потребовавшие ревизионного вмешательства, развились в среднем в  $1,60 \pm 0,09\%$  случаев: от 4% [13] до 16,7% [45], Me 8%. Наиболее часто встречались гематома области хирургического вмешательства (M =  $5,85 \pm 3,50\%$ ; Me = 4,95%), вновь возникшая нестабильность оперированного коленного сустава (M =  $5 \pm 1\%$ ; Me = 5%) и гипестезия места забора трансплантата (M =  $11,2 \pm 4,8\%$ ; Me = 8,8%).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Выбор трансплантата при ревизионной реконструкции ПКС

Проведенный анализ данных литературы не позволяет однозначно определить, какой трансплантат обеспечивает наилучшие результаты при повторной реконструкции ПКС. Усложняет предоперационное планирование вид трансплантата, который уже был использован при первичной реконструкции ПКС, что ограничивает варианты выбора. Требования к трансплантату при ревизи-

онном вмешательстве являются такими же, как и при первичном: прочность, доступность, длина и диаметр [30]. Основными видами графтов, между которыми существуют категоричные различия, являются алло- и аутотрансплантаты [29, 30]. В то же время использование современных синтетических протезов не является стандартом при ревизионной реконструкции ПКС, так как в долгосрочной перспективе данный вид имплантатов оказывает негативное влияние на исход лечения [43, 44].

Использование аллотрансплантатов позволяет избежать возможных проблем с донорским местом, а широкая вариабельность в длине и толщине сухожильной части выгодно отличает их от любого аутотрансплантата. В настоящее время снижение негативного влияния недостатков, свойственных аллогraftам (риск передачи инфекции, медленная интеграция в костный канал, снижение прочности при обработке и хранении), обусловлено более эффективными методами современной сте-

рилизации, лучшей организацией хранения и транспортировки тканей. Однако повсеместная доступность данного вида трансплантатов остается ограниченной вследствие организационно-правовых и финансово-экономических причин [45]. Таким образом, можно сделать вывод о том, что для ревизионной реконструкции ПКС оптимальными трансплантатами являются собственные ткани пациентов, что подтверждается крупными исследованиями [29, 30].

В частности, результаты исследования группы MARS показали, что именно ауто трансплантат обеспечивает лучшие субъективные оценки пациентов, более низкую частоту повторных разрывов и улучшение спортивных показателей по сравнению с аллотрансплантатом [29]. К.А. Nissen с соавторами также выявили негативное влияние использования аллотрансплантатов, но в отличие от исследования группы MARS они не обнаружили различий в субъективных оценках пациентов и в функции коленного сустава [30].

Учитывая предпочтительность применения ауто тканей при ревизионном вмешательстве, многие авторы начали более подробно заниматься вопросом использования того или иного вида трансплантата. В работах A. Varié с соавторами и P.W. Winkler с соавторами получены хорошие результаты ревизионной реконструкции ПКС при использовании трансплантата QT. В пользу использования данного сухожилия свидетельствует более низкий уровень болезненности донорской области по сравнению с трансплантатом ВТВ во время стояния на коленях и приседаниях, а также сопоставимые результаты с наиболее часто используемым при ревизии ауто трансплантатом НТ [31, 32]. В то же время применение трансплантата QT имеет некоторые ограничения: наличие пателло-фemorального остеоартроза; нарушение равновесия надколенника; увеличение времени, затрачиваемого на взятие трансплантата; ограничение по длине полученного графта, недостаточный опыт хирургов ввиду нечастого использования данного вида трансплантата. Тем не менее рост популярности использования сухожилия четырехглавой мышцы бедра можно объяснить увеличением количества публикуемых научных работ, в которых число успешных ревизионных вмешательств с использованием данного ауто трансплантата выше, чем при применении сухожилий подколенных сгибателей, трансплантатов ВТВ и аллогraftов [30, 31, 32].

Трансплантат PLT является наиболее перспективной альтернативой другим ауто трансплантатам. Проведен ряд исследований, доказывающих безопасность, удобство, хорошие прочностные характеристики данного сухожилия при первичной и ревизионной реконструкции ПКС [27, 28].

В частности, использование трансплантата PLT для ревизионной реконструкции ПКС и отсутствие каких-либо нарушений со стороны функции стопы описывают в своей работе T. Goyal с соавторами [28]. При наблюдении 10 пациентов в течение 24 мес. после операции авторы выявили значительное улучшение функциональных показателей коленного сустава по основным функциональным шкалам. Результаты оценки функции голеностопного сустава были сопоставимы с контралатеральной интактной конечностью.

Причиной редкого использования трансплантата PLT является риск нарушения функции стопы и голеностопного сустава, однако проведенные современные исследования подтверждают безопасность данного вида трансплантата [27, 28]. Тем не менее существует необходимость в оценке опыта использования сухожилия длинной малоберцовой мышцы в большем количестве высококачественных исследований в рамках именно ревизионной хирургии ПКС.

#### **Этапность ревизионных вмешательств при несостоятельности трансплантата ПКС**

Двухэтапные ревизионные вмешательства технически сложны, растянуты во времени, изначально предполагают неоднократную госпитализацию пациента в стационар и повышают риск развития осложнений из-за двух хирургических процедур. С учетом имеющихся негативных моментов двухэтапных вмешательств в некоторых научных работах описывается применение одноэтапных хирургических техник как более предпочтительных [36, 37].

В ретроспективном исследовании B.C. Werner с соавторами на основании результатов лечения 16 пациентов при среднем сроке наблюдения 32 мес. оценили возможность выполнения одноэтапной ревизионной пластики ПКС. При выполнении оперативного вмешательства в имеющийся вторично расширенный канал бедренной кости импактировался цилиндрический костный аллогraft в виде штифта диаметром от 10 до 18 мм. Проведение нового канала выполнялось по возможности в другом векторе направления от канала предшествующего вмешательства и с анатомической точкой выхода. Были получены хорошие послеоперационные клинические результаты по основным оценочным шкалам [37].

Схожее исследование провели J.L. Drago с соавторами. Главное различие заключалось в заполнении цилиндрическим костным аллотрансплантатом расширенного большеберцового, а не бедренного канала, и одновременной установке сухожильного трансплантата с фиксацией металлическим винтом в анатомической точке входа в канал. В исследовании не выявлено субъектив-

ной послеоперационной нестабильности коленного сустава и осложнений, потребовавших ревизионных вмешательств, а также были получены статистически значимые улучшения по основным функциональным шкалам [36].

При оценке результатов послеоперационной МСКТ В.С. Werner с соавторами выявили, что все аллотрансплантаты имели полную интеграцию и ремоделирование костного аллотрансплантата, не было случаев остеолита или кистозного образования. Средняя относительная плотность костных аллогraftов составила  $607,3 \pm 105,6$  HU [39]. А в исследовании J.L. Dragoо с соавторами для оценки интеграции костного трансплантата и костных каналов использовалась МРТ, что вызывает сомнения при интерпретации полученных результатов [36]. Помимо этого, указанные авторы не описывают критерии, на которые они опирались при оценке интеграции костного трансплантата и принятии решения о проведении второго этапа лечения, а также не было предоставлено данных о том, какой диаметр graftа импактировался в тот или иной размер дефекта кости [36, 37]. Применение данных методик не может быть повсеместным, так как существует проблема всеобщей доступности того или иного вида костного трансплантата, также необходимо иметь в виду относительную сложность и воспроизводимость некоторых одноэтапных методик, что может привести к интраоперационным осложнениям и увеличению длительности операции.

Ряд авторов сообщают о схожих отдаленных результатах одно- и двухэтапных ревизионных реконструкций ПКС. В частности, J.H. Ahn с соавторами и J.J. Mitchell с соавторами пришли к выводу, что послеоперационные результаты двухэтапных ревизий являются сопоставимыми с исходами одноэтапного лечения при условии корректного отбора пациентов в рамках предоперационного планирования. При оценке клинических резуль-

татов показатели субъективной оценки по функциональным шкалам, объективные показатели, частота осложнений, а также риск повторной несостоятельности трансплантата ПКС не имели статистически значимых различий между одно- и двухэтапным лечением [34, 35].

Данные выводы совпадают с результатами систематического обзора M. Colatruglio с соавторами [15]. Авторы определяют следующие показаниями к двухэтапному хирургическому лечению:

- неанатомичное положение входа в имеющийся канал, которое не позволяет провести новый канал с корректной точкой входа из-за их возможного слияния;
- диаметр ранее проведенного канала более 14 мм;
- невозможность фиксации трансплантата ПКС одновременно с удалением предыдущих фиксаторов или из-за перекрывающихся имеющегося и планируемого каналов.

С учетом различных вариантов предоперационного планирования и предлагаемых хирургических техник возникает необходимость в стандартизации подхода к определению этапности хирургического лечения при ревизионном вмешательстве, который учитывает положение, диаметр, направление каналов от предыдущей операции. D. de Sa с соавторами предложили классификацию выбора хирургической тактики REVISION ACL (Revision using Imaging to Guide Staging and Evaluation). Классификация представляет собой простую и понятную в использовании систему (табл. 3). Недостатком предложенной системы является отсутствие четких критериев для определения показаний к выполнению одно- или двухэтапной ревизии в зависимости от формы, направления каналов от предшествующего вмешательства, а также от процентной разницы между планируемым и уже имеющимся положением точки входа в канал [46].

Таблица 3

**Классификация выбора хирургической тактики REVISION [46]**

Тип 1А	Каналы, не требующие корректировки или замещения (одноэтапная ревизия)
Тип 1В	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового большеберцового или бедренного канала
Тип 1В-Ф	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового бедренного канала с сохранением большеберцового
Тип 1В-Т	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение нового большеберцового канала с сохранением бедренного
Тип 1В-FT	Одноэтапная ревизия. Требуется проведение новых большеберцового и бедренного каналов (разнонаправленное или «анатомичное» проведение без слияния)
Тип 2	Двухэтапная ревизия. Выполняется при «неанатомичном» расположении и избыточно расширенном канале (каналах) (имеется риск слияния), потере костной массы, наличии инфекции
Тип 2-В	Двухэтапная ревизия. Избыточное расширение канала, требующее выполнения костной пластики
Тип 2-М	Двухэтапная ревизия. Критичное смещение канала (потенциально высокий риск слияния «нового» и «старого» каналов)
Тип 2-І	Двухэтапная ревизия, осложненная инфекцией

Исследования, рассмотренные в настоящем обзоре, не позволяют определить однозначные показания к этапным вмешательствам, которые могут опираться на определенный диаметр канала, так как различия между хирургическими техниками и тактикой предоперационного планирования ограничивают возможность объединения полученных данных в единую систему.

Открытым остается вопрос о технической возможности выполнения ревизионного вмешательства при анатомично расположенных каналах, которые имеют диаметр 10–14 мм. При анализе литературы выявлено, что такие параметры каналов являются показанием для выполнения одноэтапного вмешательства. Однако, по нашим наблюдениям, диаметр полученного и подготовленного сухожильного трансплантата в большинстве случаев имеет значение менее 10 мм и оказывается недостаточным для осуществления надежной фиксации и *press-fit* установки трансплантата в костный канал диаметром 10–14 мм, что может отрицательно повлиять на дальнейшую оптимальную интеграцию. Учитывая возможное возникновение избыточной разницы между размером трансплантата и диаметром имеющегося канала, можно сделать вывод, что показанием для выполнения одноэтапного ревизионного вмешательства является анатомично расположенный канал с диаметром менее 10 мм. Это подтверждают исследования, в которых сообщается о хороших среднесрочных результатах выполненной ревизионной реконструкции ПКС при анатомично расположенных каналах диаметром менее 10 мм [18, 47]. С другой стороны, при диаметре каналов 10–14 мм вариантом выбора могут быть алло- или ауто трансплантаты с костными блоками, позволяющие добиться надежной фиксации. Однако при использовании данного вида графтов необходимо учитывать размер дефекта и его интраоперационное увеличение после резекции склерозированной ткани. По нашему мнению, при таком размере каналов существует вероятность ненадежной фиксации полученного сухожильного трансплантата без костных блоков при условии дефицита его диаметра, а также необходимой *press-fit* установки для оптимальной интеграции в костный канал.

Имеющаяся разрозненность показаний к одноэтапному лечению, а также тот факт, что одно- и двухэтапные ревизионные оперативные вмешательства имеют сопоставимые клинические результаты, свидетельствуют о необходимости корректного отбора пациентов и стандартизации подхода в рамках предоперационного планирования.

### **Костная пластика расширенных каналов при двухэтапной ревизионной реконструкции ПКС**

Выбор костного трансплантата для пластики расширенных каналов является важным аспектом успешной ревизионной хирургии ПКС. Многие хирурги сходятся во мнении, что использование губчатой кости из гребня подвздошной кости является золотым стандартом, поскольку данный ауто трансплантат всегда доступен и обладает преимуществами по сравнению с алло- и синтетическими трансплантатами [39, 47]. В то же время данный материал обладает рядом недостатков: ограниченный объем получаемой губчатой кости [12], увеличение хирургической агрессии, длительности операции, а также болезненность донорского участка [48].

В качестве альтернативы использованию ауто трансплантатов J. von Recum с соавторами оценили возможность применения силикат-замещенного кальций-фосфата (Si-CaP). Это исследование имеет высокий уровень доказательности, но обладает рядом недостатков: небольшое количество пациентов ( $n = 40$ ), а также период наблюдения 24 мес., не позволяющий оценить отдаленные результаты. При оценке результатов исследования между группами не было выявлено статистически значимых различий [18]. В ретроспективном исследовании W.C. Prall с соавторами, в котором проводилась оценка применения аллотрансплантата в сравнении с аутокостью, количество наблюдаемых пациентов было больше ( $n = 103$ ), но срок наблюдения составил всего 12 мес. Авторами получены сопоставимые послеоперационные результаты лечения между группой, где использовался костный аллотрансплантат, и группой, где применялся ауто трансплантат из гребня подвздошной кости пациента. По результатам МСКТ, в обеих группах качество замещения каналов имело сопоставимые значения: в «аллогенной группе» — 79,9%, а в «аутологичной группе» — 79,6%. Средняя относительная плотность костных аллогraftов составила  $536 \pm 124,5$  HU, плотность ауто graftа —  $435 \pm 02,5$  HU [38]. Недостатком обоих исследований было то, что авторами не описаны критерии, по которым оценивалась интеграция и ремоделирование костного трансплантата. Несмотря на имеющиеся недостатки, в работах были получены хорошие клинические результаты. Поэтому использование губчатых костных аллотрансплантатов или силикат-замещенного кальций-фосфата является безопасной альтернативой аутологичным костным graftам, хотя вопрос доступности данного вида материала остается открытым.

### **Влияние восстановления переднелатерального комплекса на результаты ревизионной пластики ПКС**

Следующим важным аспектом предоперационного планирования повторной реконструкции ПКС является восстановление ПЛК коленного сустава. Растущий объем публикуемых работ, связанных с восстановлением данной структуры, объясняется определением биомеханической роли АЛС в контроле внутренней ротационной стабильности и смещении оси вращения [49, 50, 51]. В 2013 г. S. Claes с соавторами опубликовали исследование, в котором на кадаверном материале подробно исследовалась и была описана анатомия АЛС и ее участие в биомеханике коленного сустава [51]. На основании дальнейших исследований в качестве дополнительных процедур при реконструкции ПКС были предложены внесуставные аугментации с использованием как отдельного трансплантата, так и ЛЭТ [20, 21, 22]. Основной задачей такого вмешательства является улучшение ротационной стабильности коленного сустава, снижение нагрузки на трансплантат ПКС и в результате — снижение частоты неудач ревизий.

Многие авторы основным показанием к ЛЭТ считают ревизионную хирургию ПКС [20, 32, 33, 40]. В частности, в систематическом обзоре A. Grassi с соавторами были получены хорошие послеоперационные функциональные результаты одномоментной ревизионной реконструкции ПКС и восстановления ПЛК [21]. При интерпретации результатов 12 исследований выявлено избыточное смещение оси вращения всего у 2% пациентов, что больше сопоставимо с результатами первичной реконструкции ПКС, чем с результатами изолированной ревизии ПКС (7%) [52].

Аналогичные выводы можно сделать по поводу послеоперационной субъективной оценки по шкале IKDC, поскольку в обзоре A. Grassi с соавторами [21] среднее значение по данной шкале составило 83,3 балла, а в исследовании MARS [29] — 77 баллов, что свидетельствует о преимуществе комбинированного вмешательства. A. Grassi с соавторами также описывают несколько различных хирургических техник, что говорит об отсутствии золотого стандарта для рассматриваемого внесуставного вмешательства. Кроме того, недостаточное количество публикаций в систематическом обзоре A. Grassi с соавторами препятствовало не только статистическому сравнению результатов различных техник, но и сравнению результатов ревизионной реконструкции с ЛЭТ или без него [21].

Наличие опасений у хирургов по поводу негативного влияния передненааружной стабилизации на латеральные структуры коленного сустава опровергается полученными результатами исследований, в которых частота встречаемости

признаков остеоартроза в наружном отделе коленного сустава составила 7,2%, и предположение о влиянии ЛЭТ на изменения в латеральном отделе не нашло подтверждения [21]. В систематическом обзоре В.М. Devitt с соавторами [53], так же как и в обзоре A. Grassi с соавторами [21], показано, что стабилизация передненааружного отдела не ухудшила ранее существовавшее повреждение хряща и что основным предиктором остеоартроза после комбинированной ревизии являлась высокая частота резекций медиального или латерального мениска. Другие авторы получили схожие результаты — ЛЭТ привел к значительному снижению частоты повторных ревизионных вмешательств, а также к улучшению послеоперационных функциональных показателей [20, 40].

Анализ включенных в настоящий систематический обзор работ позволил определить, что ЛЭТ является безопасной комбинированной процедурой и снижает риск повторного разрыва ПКС, поэтому может выполняться как при первичной реконструкции ПКС у пациентов с определенными факторами риска (молодой возраст, «поворотные» и/или контактные виды спорта и значительная передняя и внутренняя ротационная нестабильность), так и при ревизионной реконструкции ПКС. Остается открытым вопрос о признании общепринятой техники выполнения данного вида вмешательства. Учитывая недостатки изолированной реконструкции АЛС (отдельный сухожильный трансплантат, минимум два фиксатора), наиболее рациональным является выполнение ЛЭТ с использованием илиотибиального тракта и одного фиксатора. Несмотря на то, что в клинической практике ЛЭТ является распространенным вмешательством, сопровождающим ревизионную реконструкцию ПКС, исследований высокого уровня доказательности не проводилось, что говорит о необходимости учета всех дополнительных факторов при предоперационном планировании.

### **Влияние переднезаднего наклона плато большеберцовой кости на исходы повторной реконструкции ПКС**

Анализ современных публикаций показал, что в условиях увеличенного переднезаднего наклона ПБК возникает направленное смещение с определенной силой, вектор которой направлен на смещение большеберцовой кости кпереди при осевой нагрузке [24, 54]. Поскольку ПКС является основным передним стабилизатором коленного сустава, есть основания полагать, что увеличение переднезаднего наклона ПБК увеличивает нагрузку на ПКС и потенциально увеличивает риск ее разрыва [55]. D. Dejour, M. Bonnin выявили, что на каждые 10° увеличения переднезаднего наклона ПБК наблюдалось увеличение переднего смещения больше-

берцовой кости на 6 мм независимо от состояния ПКС [54].

Исходя из результатов исследований, рассмотренных в настоящем обзоре, можно сделать вывод, что выраженный переднезадний наклон ПБК (более 12°) оказывает негативное влияние на результаты как первичных, так и ревизионных реконструкций ПКС. В частности, R.J. Napier с соавторами выявили у пациентов с повторным разрывом трансплантата статистически значимые различия в значениях переднезаднего наклона ПБК по сравнению с теми, у кого не было повторного разрыва [26]. Схожие выводы были получены в работе P.W. Winkler с соавторами [41], в которой также была выявлена закономерность между более выраженным переднезадним наклоном ПБК и повторными повреждениями трансплантата ПКС, дополнительно были выявлены недостатки использования сухожильного аллотрансплантата, как и в исследовании группы MARS [29]. D. Dejour с соавторами и R. Akoto с соавторами также пришли к выводам, подтверждающим гипотезу о негативном влиянии избыточного переднезаднего наклона ПБК на результаты ревизионных реконструкций ПКС [23, 42]. Однако в первом исследовании коррекция угла наклона ПБК проводилась в один этап с ревизионной пластикой ПКС, а во втором — двухэтапно, однако представленные результаты существенно не отличались. Следовательно, избыточный переднезадний угол наклона ПБК может привести к атравматичному механизму повреждения трансплантата ПКС с постепенным развитием рецидивирующей нестабильности [41]. Учитывая травматичность корригирующей остеотомии и связанные с этим увеличенные риски осложнений, следует выполнять данный вид вмешательства строго по показаниям (величина деформации более 12°), а также рассматривать коррекцию большеберцового наклона именно при повторной ревизии ПКС.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### *Заявленный вклад авторов*

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный систематический обзор литературы позволил определить основные аспекты ревизионной реконструкции ПКС, которые необходимо учитывать при предоперационном планировании. Предпочтение должно отдаваться аутоотрансплантатам. Коррекцию избыточного угла наклона ПБК необходимо выполнять только при повторном ревизионном вмешательстве в случае, если угол наклона превышает 12°. Восстановление ПЛК, как правило, может выполняться молодым, активным пациентам, которые занимаются «поворотными» видами спорта, а также при наличии выраженной передней нестабильности. При определении возможности выполнения ревизионной пластики ПКС в один или два этапа диаметр канала не является основополагающим параметром, так как необходимо учитывать возможность слияния каналов от предшествующей операции с вновь проведенными. При наличии каналов с корректными точками входа одноэтапная ревизионная пластика может быть выполнена при ширине канала не более 10 мм, а также в зависимости от предполагаемого диаметра и вида подготовленного сухожильного трансплантата. Костная пластика вторично расширенных каналов при двухэтапном вмешательстве может осуществляться любым материалом, однако аллокостные или синтетические трансплантаты обладают определенными преимуществами.

Эти выводы подтверждают многофакторную этиологию частых неудач ревизионных операций, что может привести к порочному кругу, включающему последующие хирургические вмешательства, осложнения и снижение качества жизни. Поэтому необходим оптимизированный алгоритм планирования ревизионных реконструкций ПКС.

## DISCLAIMERS

### *Author contribution*

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Sanders T.L., Maradit Kremers H., Bryan A.J., Larson D.R., Dahm D.L., Levy B.A. et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-1507. doi: 10.1177/0363546516629944.
2. Mall N.A., Chalmers P.N., Moric M., Tanaka M.J., Cole B.J., Bach B.R.Jr. et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2363-2370. doi: 10.1177/0363546514542796.
3. Zbrojkiewicz D., Vertullo C., Grayson J.E. Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000-2015. *Med J Aust.* 2018;208(8):354-358. doi: 10.5694/mja17.00974.
4. Kaeding C.C., Léger-St-Jean B., Magnussen R.A. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):1-8. doi: 10.1016/j.csm.2016.08.001.
5. Dale K.M., Bailey J.R., Moorman C.T. 3rd. Surgical Management and Treatment of the Anterior Cruciate Ligament/Medial Collateral Ligament Injured Knee. *Clin Sports Med.* 2017;36(1):87-103. doi: 10.1016/j.csm.2016.08.005.
6. van Eck C.F., Schkrohwsky J.G., Working Z.M., Irrgang J.J., Fu F.H. Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft. *Am J Sports Med.* 2012;40(4):800-807. doi: 10.1177/0363546511432545.
7. Wright R., Spindler K., Huston L., Amendola A., Andrich J., Brophy R. et al. Revision ACL reconstruction outcomes: MOON cohort. *J Knee Surg.* 2011;24(4):289-294. doi: 10.1055/s-0031-1292650.
8. Wright R.W., Dunn W.R., Amendola A., Andrich J.T., Flanigan D.C., Jones M. et al. Anterior cruciate ligament revision reconstruction: two-year results from the MOON cohort. *J Knee Surg.* 2007;20(4):308-311. doi: 10.1055/s-0030-1248066.
9. Wright R.W., Gill C.S., Chen L., Brophy R.H., Matava M.J., Smith M.V. et al. Outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(6):531-536. doi: 10.2106/JBJS.K.00733.
10. Bogunovic L., Yang J.S., Wright R.W. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Contemporary Revision Options. *Oper Techn Sports Med.* 2013;21(1):64-71. doi: 10.1053/j.otsm.2012.12.002.
11. MARS Group; Wright R.W., Huston L.J., Spindler K.P., Dunn W.R., Haas A.K. et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1979-1986. doi: 10.1177/0363546510378645.
12. Erickson B.J., Cvetanovich G., Waliullah K., Khair M., Smith P., Bach B. Jr. et al. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopedics.* 2016;39(3): e456-e464. doi: 10.3928/01477447-20160324-01.
13. West R.V., Harner C.D. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(3):197-207. doi: 10.5435/00124635-200505000-00006.
14. Romanini E., D'Angelo F., De Masi S., Adriani E., Magaletti M., Lacorte E. et al. Graft selection in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Traumatol.* 2010;11(4):211-219. doi: 10.1007/s10195-010-0124-9.
15. Colatruglio M., Flanigan D.C., Long J., DiBartola A.C., Magnussen R.A. Outcomes of 1-Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2021;49(3):798-804. doi: 10.1177/0363546520923090.
16. Coats A.C., Johnson D.L. Two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: indications, review, and technique demonstration. *Orthopedics.* 2012;35(11):958-960. doi: 10.3928/01477447-20121023-08.
17. Niki Y., Matsumoto H., Enomoto H., Toyama Y., Suda Y. Single-stage anterior cruciate ligament revision with bone-patellar tendon-bone: a case-control series of revision of failed synthetic anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy.* 2010;26(8):1058-1065. doi: 10.1016/j.arthro.2009.12.015.
18. von Recum J., Gehm J., Guehring T., Vetter S.Y., von der Linden P., Grützner P.A. et al. Autologous Bone Graft Versus Silicate-Substituted Calcium Phosphate in the Treatment of Tunnel Defects in 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Controlled Study With a Minimum Follow-up of 2 Years. *Arthroscopy.* 2020;36(1):178-185. doi: 10.1016/j.arthro.2019.07.035.
19. Diermeier T., Herbst E., Braun S., Saracuz E., Voss A., Imhoff A.B. et al. Outcomes after bone grafting in patients with and without ACL revision surgery: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):246. doi: 10.1186/s12891-018-2174-8.
20. Louis M.L., D'ingrado P., Ehkirch F.P., Bertiaux S., Colombet P., Sonnery-Cottet B. et al. French Arthroscopy Society (Société Francophone d'Arthroscopie, SFA). Combined intra- and extra-articular grafting for revision ACL reconstruction: A multicentre study by the French Arthroscopy Society (SFA). *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(8S): S223-S229. doi: 10.1016/j.otsr.2017.08.007.
21. Grassi A., Zicaro J.P., Costa-Paz M., Samuelsson K., Wilson A., Zaffagnini S. et al. Good mid-term outcomes and low rates of residual rotatory laxity, complications and failures after revision anterior cruciate ligament reconstruction (ACL) and lateral extra-articular tenodesis (LET). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(2):418-431. doi: 10.1007/s00167-019-05625-w.
22. Getgood A.M.J., Bryant D.M., Litchfield R., Heard M., McCormack R.G., Rezanoff A. et al. Lateral extra-articular tenodesis reduces failure of hamstring tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction: 2-year outcomes from the STABILITY Study Randomized Clinical Trial. *Am J Sports Med.* 2020;48(2):285-297. doi: 10.1177/0363546519896333.
23. Dejour D., Saffarini M., Demey G., Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(10):2846-2852. doi: 10.1007/s00167-015-3758-6.
24. Brandon M.L., Haynes P.T., Bonamo J.R., Flynn M.I., Barrett G.R., Sherman M.F. The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency. *Arthroscopy.* 2006;22(8):894-899. doi: 10.1016/j.arthro.2006.04.098.
25. Hashemi J., Chandrashekar N., Gill B., Beynon B.D., Slauterbeck J.R., Schutt R.C. Jr. et al. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(12):2724-2734. doi: 10.2106/JBJS.G.01358.

26. Napier R.J., Garcia E., Devitt B.M., Feller J.A., Webster K.E. Increased Radiographic Posterior Tibial Slope Is Associated With Subsequent Injury Following Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(11):2325967119879373. doi: 10.1177/2325967119879373.
27. He J., Tang Q., Ernst S., Linde M.A., Smolinski P., Wu S. et al. Peroneus longus tendon autograft has functional outcomes comparable to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(9):2869-2879. doi: 10.1007/s00167-020-06279-9.
28. Goyal T., Paul S., Choudhury A.K., Sethy S.S. Full-thickness peroneus longus tendon autograft for anterior cruciate reconstruction in multi-ligament injury and revision cases: outcomes and donor site morbidity. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2023;33(1):21-27. doi: 10.1007/s00590-021-03145-3.
29. MARS Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2301-2310. doi: 10.1177/0363546514549005.
30. Nissen K.A., Eysturoy N.H., Nielsen T.G., Lind M. Allograft Use Results in Higher Re-Revision Rate for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(6):2325967118775381. doi: 10.1177/2325967118775381.
31. Barié A., Ehmann Y., Jaber A., Huber J., Streich N.A. Revision ACL reconstruction using quadriceps or hamstring autografts leads to similar results after 4 years: good objective stability but low rate of return to pre-injury sport level. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3527-3535. doi: 10.1007/s00167-019-05444-z.
32. Winkler P.W., Vivacqua T., Thomassen S., Lovse L., Lesniak B.P., Getgood A.M.J. et al. Quadriceps tendon autograft is becoming increasingly popular in revision ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(1):149-160. doi: 10.1007/s00167-021-06478-y.
33. Eggeling L., Breer S., Drenck T.C., Frosch K.H., Akoto R. Double-Layered Quadriceps Tendon Autografts Provide Lower Failure Rates and Improved Clinical Results Compared With Hamstring Tendon Grafts in Revision ACL Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(12):23259671211046929. doi: 10.1177/23259671211046929.
34. Ahn J.H., Son D.W., Jeong H.J., Park D.W., Lee I.G. One-Stage Anatomical Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results According to Tunnel Overlaps. *Arthroscopy.* 2021;37(4):1223-1232. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.029.
35. Mitchell J.J., Chahla J., Dean C.S., Cinque M., Matheny L.M., LaPrade R.F. Outcomes After 1-Stage Versus 2-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017;45(8):1790-1798. doi: 10.1177/0363546517698684.
36. Dragoo J.L., Kalisvaart M., Smith K.M., Pappas G., Golish R. Single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction using bone grafting for posterior or widening tibial tunnels restores stability of the knee and improves clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3713-3721. doi: 10.1007/s00167-019-05467-6.
37. Werner B.C., Gilmore C.J., Hamann J.C., Gaskin C.M., Carroll J.J., Hart J.M. et al. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results of a Single-stage Approach Using Allograft Dowel Bone Grafting for Femoral Defects. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(8):581-587. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00572.
38. Prall W.C., Kusmenkov T., Schmidt B., Fürmetz J., Haasters F., Naendrup J.H. et al. Cancellous allogenic and autologous bone grafting ensure comparable tunnel filling results in two-staged revision ACL surgery. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(9):1211-1219. doi: 10.1007/s00402-020-03421-7.
39. Franceschi F., Papalia R., Del Buono A., Zampogna B., Diaz Balzani L., Maffulli N. et al. Two-stage procedure in anterior cruciate ligament revision surgery: a five-year follow-up prospective study. *Int Orthop.* 2013;37(7):1369-1374. doi: 10.1007/s00264-013-1886-5.
40. Alm L., Drenck T.C., Frosch K.H., Akoto R. Lateral extra-articular tenodesis in patients with revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction and high-grade anterior knee instability. *Knee.* 2020;27(5):1451-1457. doi: 10.1016/j.knee.2020.06.005.
41. Winkler P.W., Wagala N.N., Hughes J.D., Lesniak B.P., Musahl V. A high tibial slope, allograft use, and poor patient-reported outcome scores are associated with multiple ACL graft failures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(1):139-148. doi: 10.1007/s00167-021-06460-8.
42. Akoto R., Alm L., Drenck T.C., Frings J., Krause M., Frosch K.H. Slope-Correction Osteotomy with Lateral Extra-articular Tenodesis and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Highly Effective in Treating High-Grade Anterior Knee Laxity. *Am J Sports Med.* 2020;48(14):3478-3485. doi: 10.1177/0363546520966327.
43. Satora W., Królikowska A., Czamara A., Reichert P. Synthetic grafts in the treatment of ruptured anterior cruciate ligament of the knee joint. *Polim Med.* 2017;47(1):55-59. doi: 10.17219/pim/76819.
44. Cook J.L., Smith P., Stannard J.P., Pfeiffer F., Kuroki K., Bozynski C.C. et al. A Canine Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Model for Study of Synthetic Augmentation of Tendon Allografts. *J Knee Surg.* 2017;30(7):704-711. doi: 10.1055/s-0036-1597618.
45. Сапрыкин А.С., Банцер С.А., Рябинин М.В., Корнилов Н.Н. Современные аспекты предоперационного планирования и выбора хирургической методики ревизионной реконструкции передней крестообразной связки. *Гений ортопедии.* 2022;28(3):444-451. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451. Saprykin A.S., Bantser S.A., Rybinin M.V., Kornilov N.N. Current Aspects of Preoperative Planning and Selection of Surgical Techniques for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic Genius.* 2022;28(3):444-451. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-444-451.
46. de Sa D., Crum R.J., Rabuck S., Ayeni O., Bedi A., Baraga M. et al. The REVISION Using Imaging to Guide Staging and Evaluation (REVISE) in ACL Reconstruction Classification. *J Knee Surg.* 2021;34(5):509-519. doi: 10.1055/s-0039-1697902.
47. Salem H.S., Axibal D.P., Wolcott M.L., Vidal A.F., McCarty E.C., Bravman J.T. et al. Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Bone Graft Options for Tunnel Augmentation. *Am J Sports Med.* 2020;48(3):767-777. doi: 10.1177/0363546519841583.

48. Dimitriou R., Mataliotakis G.I., Angoules A.G., Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Complications following autologous bone graft harvesting from the iliac crest and using the RIA: a systematic review. *Injury*. 2011; 42 Suppl 2:S3-15. doi: 10.1016/j.injury.2011.06.015.
49. Inderhaug E., Stephen J.M., El-Daou H., Williams A., Amis A.A. The Effects of Anterolateral Tenodesis on Tibiofemoral Contact Pressures and Kinematics. *Am J Sports Med*. 2017;45(13):3081-3088. doi: 10.1177/0363546517717260.
50. Parsons E.M., Gee A.O., Spiekerman C., Cavanagh P.R. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med*. 2015;43(3):669-674. doi: 10.1177/0363546514562751.
51. Claes S., Vereecke E., Maes M., Victor J., Verdonk P., Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat*. 2013;223(4):321-328. doi: 10.1111/joa.12087.
52. Grassi A., Ardern C.L., Marcheggiani Muccioli G.M., Neri M.P., Marcacci M., Zaffagnini S. Does revision ACL reconstruction measure up to primary surgery? A meta-analysis comparing patient-reported and clinician-reported outcomes, and radiographic results. *Br J Sports Med*. 2016;50(12):716-724. doi: 10.1136/bjsports-2015-094948.
53. Devitt B.M., Bouguennec N., Barfod K.W., Porter T., Webster K.E., Feller J.A. Combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis does not result in an increased rate of osteoarthritis: a systematic review and best evidence synthesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(4):1149-1160. doi: 10.1007/s00167-017-4510-1.
54. Dejour H., Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br*. 1994;76(5):745-749.
55. Feucht M.J., Mauro C.S., Brucker P.U., Imhoff A.B., Hinterwimmer S. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(1):134-145. doi: 10.1007/s00167-012-1941-6.

#### Сведения об авторах

✉ Гофер Антон Сергеевич

Адрес: Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Алекперов Александр Александрович

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>

e-mail: alecperov@mail.ru

Гуражев Михаил Борисович

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: tashtagol@inbox.ru

Авдеев Артем Константинович

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>

e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

#### Authors' information

✉ Anton S. Gofers

Address: 17, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Aleksandr A. Alekperov

<https://orcid.org/0000-0003-3264-8146>

e-mail: alecperov@mail.ru

Mikhail B. Gurazhev

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: tashtagol@inbox.ru

Artem K. Avdeev

<https://orcid.org/0009-0008-9147-5808>

e-mail: avdeev.artiom@mail.ru

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

e-mail: andrey.korytkin@gmail.com



Обзорная статья  
УДК 616.718.7/9-007.248:616.71-089.844  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-8001>

## Замещение костных дефектов при диабетической нейроостеоартропатии (стопе Шарко): обзор литературы

П.С. Бардюгов<sup>1</sup>, М.В. Паршиков<sup>2</sup>, Н.В. Ярыгин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Во всем мире растет количество больных сахарным диабетом, в том числе с его тяжелыми осложнениями, такими как диабетическая нейроостеоартропатия. Восстановление опороспособности, создание условий для заживления язв являются сложной задачей для травматологов-ортопедов, особенно в связи с необходимостью компенсировать дефект костной ткани.

**Цель обзора** — сравнить современные методики замещения объемных дефектов костной ткани дистального сегмента нижней конечности у пациентов с диабетической нейроостеоартропатией.

**Материал и методы.** Поиск статей проводился в базах данных PubMed/MEDLINE, Google Scholar, Scopus, eLIBRARY, CyberLeninka. Поиск осуществлен по следующим ключевым словам и словосочетаниям: стопа Шарко, диабетическая остеоартропатия и костная пластика; Charcot foot, diabetic arthropathy and bone grafting. Отбирались полнотекстовые статьи на русском и английском языках. Поиск проводился без хронологических ограничений в связи с малым количеством опубликованных работ и узкой тематикой.

**Результаты.** Возможности замещения костных дефектов при стопе Шарко в мировой литературе описаны довольно скудно. Узкая специфика и относительная редкость патологии является вероятной причиной малого количества публикаций, отсутствия исследований с высоким уровнем доказательности.

**Заключение.** Костная аутопластика при поражении медиальной или латеральной колонны среднего отдела стопы и удлинение голени по Илизарову для компенсации укорочения конечности после реконструктивных операций на уровне заднего отдела стопы и голеностопного сустава являются наиболее часто применяемыми методами замещения костных дефектов у пациентов со стопой Шарко. Свободная пластика аутокостью (возможно с ДКМ) является методом выбора при дефектах небольшого объема латеральной или медиальной колонны среднего отдела стопы.

**Ключевые слова:** стопа Шарко, диабетическая артропатия, костная пластика, костный трансплантат.

 **Для цитирования:** Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Ярыгин Н.В. Замещение костных дефектов при диабетической нейроостеоартропатии (стопе Шарко): обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3): 149-156. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8001>.

 Бардюгов Петр Сергеевич; e-mail: [petrbardiugov@gmail.com](mailto:petrbardiugov@gmail.com)

Рукопись получена: 29.03.2023. Рукопись одобрена: 11.07.2023. Статья опубликована онлайн: 24.08.2023.

© Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Ярыгин Н.В., 2023



## Bone Defect Replacement in Diabetic Neuropathic Osteoarthropathy (Charcot Foot): Review

Petr S. Bardyugov<sup>1</sup>, Mikhail V. Parshikov<sup>2</sup>, Nikolay V. Yarygin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia

<sup>2</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** The number of patients with diabetes mellitus, including those with its severe complications such as Charcot neuropathic osteoarthropathy, is increasing worldwide. Restoration of weight bearing ability and creation of conditions for ulcer healing is challenging for trauma and orthopedic surgeons, especially because of the need to restore bone tissue defects.

**Aim of the review** – to compare modern methods of replacement of large bone tissue defects of the distal segment of the lower limb in patients with Charcot neuropathic osteoarthropathy.

**Methods.** The articles were searched in PubMed/MEDLINE, Google Scholar, Scopus, eLIBRARY, CyberLeninka databases. The search was performed using the following keywords and word combinations: Charcot foot, diabetic neuropathic osteoarthropathy and bone grafting. Full-text articles in Russian and English were selected. The search was carried out without chronological limitations due to the small number of published studies and specific subject of research.

**Results.** The possibilities of bone defect replacement in Charcot foot are poorly described in the world literature. The narrow specificity and relative infrequency of this pathology is the probable reason for the small number of publications and the lack of studies with a high level of evidence.

**Conclusion.** Bone autografting for lesions of the medial or lateral midfoot column and Ilizarov tibial lengthening to compensate for limb shortening after reconstructive surgeries at the level of the hindfoot and ankle joint are the most commonly used methods of bone defect replacement in patients with Charcot foot. Free bone autografting (possibly with demineralized bone matrix) is the method of choice for small defects of the lateral or medial column of the midfoot.

**Keywords:** Charcot foot, diabetic neuropathic osteoarthropathy, bone grafting.

---

**Cite as:** Bardyugov P.S., Parshikov M.V., Yarygin N.V. Bone Defect Replacement in Diabetic Neuropathic Osteoarthropathy (Charcot Foot): Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):149-156. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8001>.

✉ Petr S. Bardyugov; e-mail: petrbaridiugov@gmail.com

Submitted: 29.03.2023. Accepted: 11.07.2023. Published online: 24.08.2023.

© Bardyugov P.S., Parshikov M.V., Yarygin N.V., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Диабетическая нейроостеоартропатия (ДНОАП), или стопа Шарко — это деструкция костей и суставов дистального сегмента нижней конечности неинфекционного характера, вызванная диабетической нейропатией [1, 2]. Данное определение точно характеризует патогенез заболевания. Деструкция костной ткани обязательно сопровождается образованием дефекта кости/костей дистального сегмента нижней конечности, который в ряде случаев приводит к возникновению патологической подвижности, формированию грубых деформаций, способствующих образованию нейропатических язв в зонах повышенного механического воздействия на их «высоте» и нарушению опороспособности. При этом качество жизни пациента сопоставимо с таковым после перенесенной высокой ампутации нижней конечности [3, 4, 5, 6].

Тяжелые проявления ДНОАП (наличие обширного дефекта костной ткани) не поддаются терапии только консервативными методами и являются показанием для хирургического лечения [7, 8, 9], при осуществлении которого для достижения цели хирург нередко встречается с значительными трудностями и техническими сложностями. Цель лечения — восстановление опороспособности конечности с созданием условий для заживления ран. Общемировая практика показала, что достигнуть этого возможно выполнением артрорезирующих операций с резекцией нежизнеспособной костной массы (инфицированной или нет) и применением внутренней или внешней фиксации [10, 11, 12, 13]. В литературе отсутствует единое мнение по поводу оптимального метода остеосинтеза в комплексе реконструктивной хирургии ДНОАП. У того и другого метода есть свои объективные преимущества и недостатки, кроме того, выбор метода фиксации зачастую продиктован навыками и субъективными предпочтениями хирурга, при этом ряд публикаций посвящен одновременному сочетанию обоих видов [14, 15, 16, 17].

Сложным вопросом представляется компенсация потери объема костной ткани, сопровождающей реконструктивную операцию. И если для формирования функционального анкилоза на уровне среднего отдела стопы Шарко укорочение стопы на 1–4 см влияет на биомеханику и походку не критично, то укорочение нижней конечности (при поражении заднего отдела стопы и голеностопного сустава) на 3–6 см является проблемой, ведущей к выраженному нарушению функции конечности. Это требует компенсации индивидуально изготовленной ортопедической обувью со специальной стелькой или/и применения хирургических костнопластических техник [18, 19, 20, 21].

*Цель обзора* — сравнить современные методики замещения объемных дефектов костной ткани дистального сегмента нижней конечности у пациентов с диабетической нейроостеоартропатией.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск литературы проводился в базах данных PubMed/MEDLINE, Google Scholar, Scopus, CyberLeninka, eLIBRARY без ограничения по времени публикации, учитывая малое количество опубликованных работ и узкую тематику. Критерии включения: полнотекстовые статьи, монографии и клинические рекомендации на русском и английском языках. Поиск осуществлен по следующим ключевым словам: стопа Шарко, диабетическая остеоартропатия, костная пластика; Charcot foot, diabetic arthropathy, bone grafting.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Можно выделить следующие основные методы замещения костных дефектов при ДНОАП: свободная аутопластика, аллопластика или остеозамещающие имплантаты, удлинение кости по Илизарову. Публикаций, посвященных несвободной костной пластике, найдено не было. По всей видимости, это связано с большим риском осложнений, наличием ангиопатии у пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС) разной степени выраженности.

В публикациях, посвященных замещению костных дефектов при ДНОАП, идет речь о реконструкции среднего (типы II и III по классификации L. Sanders и R. Frykberg) или заднего отдела стопы и голеностопного сустава (тип IV и V по классификации L. Sanders и R. Frykberg) [22, 23]. Некоторые работы посвящены одной локализации, другие — обеим.

Обзор структурирован по двум критериям:

- методу замещения дефекта костной ткани (отражено в подзаголовках);
- локализации деструктивного процесса (выделено курсивом в тексте).

### Свободная аутопластика

Наиболее распространенным методом аутопластики является применение костной ткани, изъятая из гребня подвздошной кости. Данная методика успешно применялась некоторыми авторами (описания клинических случаев) при артрорезировании заднего отдела стопы [24, 25]. Преимущество данного способа: наибольший доступный объем аутокости хорошего качества. Недостатки: травматичность доступа при заборе кости, риск повреждения брюшины, вероятность образования обширной гематомы, значительное увеличение продолжительности операции, косметический дефект и т.д. [26, 27].

Альтернативным источником забора собственной костной ткани может быть проксимальный отдел большеберцовой кости при реконструктивных операциях на *среднем отделе стопы* [28, 29]. Этот метод забора аутокости потенциально менее травматичен, но по доступному объему кости значительно меньше по сравнению с гребнем подвздошной кости.

Преимущества использования фрагментов малоберцовой кости в качестве аутотрансплантата при *артродезе голеностопного сустава или пяточно-большеберцового артродеза* заключаются в отсутствии необходимости выполнения дополнительного хирургического доступа: могут использоваться утильная кость, фрагменты наружной лодыжки. Но доступный объем костной ткани также не велик [30, 31, 32].

### Аллопластика и остеозамещающие имплантаты

Использование специальным образом подготовленного аллотрансплантата в реконструктивной хирургии стопы Шарко имеет свои преимущества: сокращение продолжительности операции, меньшая травматизация, отсутствие осложнений, связанных с забором аутокости, потенциально неограниченный объем аллотрансплантата. Однако существуют и недостатки: низкие остеоиндуктивные и остеокондуктивные характеристики по сравнению с аутокостью, дороговизна, риск иммунного ответа и отторжения [33].

Керамический имплантат (сульфат кальция в комбинации с гидроксиапатитом) устраняет возможность иммунного ответа. При этом исключена его перестройка в «материнскую» костную ткань, т.е. остеоиндуктивные и остеокондуктивные свойства самые низкие [34].

В поиске оптимального метода свободной пластики ряд специалистов успешно применяли комбинации аутологичной костной ткани или иных клеток пациента и аллотрансплантатов: это металлический имплантат с трабекулярной текстурой максимальной высотой 3 см в сочетании с аутокостью, изъятый из канала диафизарной части бедренной кости при артродезе *подтаранного и голеностопного суставов* [35], сочетание аллотрансплантата с аутотрансплантатом из проксимального отдела большеберцовой кости при реконструктивных операциях на *среднем отделе стопы* при меньшем объеме костного дефекта (1–3 см<sup>3</sup>) [36]. В обеих публикациях описан успешный результат через год после костной пластики у минимального количества пациентов: два — в первой публикации и три — во второй работе. Вызывает вопрос обоснованность (учитывая минимальную выборку) отдаленных результатов и возможность осложнений

при применении массивных металлоконструкций и аллотрансплантатов у пациентов с СДС, а в случае реконструкции *среднего отдела стопы* и аллопластики малого объема вообще необходимость ее применения, тем более в сочетании с аутопластикой (наверное, можно было обойтись только одним методом).

В последние годы популярным материалом для аллопластики стал деминерализированный костный матрикс (ДКМ). В реконструктивной хирургии при СДС его иногда сочетают с аутокостью [37]. Недостатком ДКМ можно считать аморфную структуру, отсутствие «опорности».

Метод замещения дефектов с применением ДКМ и аутокости наглядно представили С.А. Оснач с соавторами с описанием ряда клинических случаев поражения как *среднего, так и заднего отделов стопы Шарко* [38]. В данной работе применена методика этапной костной пластики Masquelet в сочетании с локальной антибиотикотерапией. Очевидным преимуществом является относительно малая травматичность способа забора аутокости (из костномозгового канала бедренной кости с помощью системы риммер-ирригатор-аспиратор) по сравнению, например, с забором из гребня подвздошной кости. Однако сложно сформировать объективную картину результатов ввиду отсутствия в исследовании объективных критериев для сравнения с контрольной группой: длина сегмента конечности в сантиметрах, срок и характер консолидации, функциональные характеристики, продолжительность фиксации и т.д. Тем не менее описанный хирургический опыт расширяет горизонт возможностей лечения описываемой патологии.

Не менее успешное применение методики Masquelet описали М.Ф. Мак с соавторами при этапном лечении инфицированного дефекта костной ткани в *среднем отделе стопы* при ДНОАП, за исключением того, что ими на втором этапе применялась пластика дефекта из гребня подвздошной кости [32].

Таким образом, техника Masquelet практически незаменима при этапном лечении на фоне острого инфекционного воспаления.

Пожалуй, самым современным является метод пластики с использованием ДКМ в комбинации с мезенхимальными стволовыми клетками (МСК). В работе S.M. Hollawell описан результат лечения 20 пациентов со стопой Шарко, которым проводился артродез суставов стопы или голеностопного сустава. В этих наблюдениях не осуществлялось замещения крупного дефекта костной ткани, а только добавляли малый объем препарата в зону артродеза. Обращают на себя внимание относительно короткие сроки формирования костного анкилоза (в среднем 6 мес.). Неоднократное

упоминание коммерческого названия препарата, несмотря на обозначенное отсутствие финансирования, усиливает скептическое отношение к этой работе [39].

D.K. Lee и G.D. Mulder также заявляют о более раннем появлении рентгенологических признаков сращения при применении МСК в реконструктивной хирургии стопы Шарко *обеих локализаций*: 6,4 против 9,2 нед. ( $p < 0,024$ ) у пациентов без применения МСК. Но отмечают при этом сходное или большее количество осложнений или неудовлетворительных результатов [40].

### Костная пластика по Илизарову

Данный способ замещения объемного дефекта костной ткани является наиболее проверенным временем, в том числе и при лечении ДНОАП. В некоторых работах зарубежных авторов описан опыт выполнения *артродеза заднего отдела стопы и пяточно-большеберцового артродеза* с удлинением большеберцовой кости за счет дистракционного остеогенеза [41, 42, 43, 44]. Таким образом происходит компенсация произошедшего укорочения конечности. Авторами работ описано успешное применение аппарата внешней фиксации (АВФ) Илизарова как изолированно, так и в комбинации с остеосинтезом: демонтаж АВФ после окончания этапа дистракции с последующим остеосинтезом при помощи интрамедуллярного блокируемого штифта. Преимуществами данного метода костной пластики являются абсолютная биосовместимость и «физиологичность» регенерата, широкие возможности (в том числе в комбинации с другими видами костной пластики и локальной антибиотикотерапией) восполнения утраченного объема кости и коррекции деформации, а также низкая себестоимость.

Для компенсации укорочения голени при *пяточно-большеберцовом артродезе* за счет формирования дистракционного регенерата используется остеотомия не только в проксимальной части большеберцовой кости, но и в дистальной, в том числе с интрамедуллярным ретроградным остеосинтезом по завершении этапа дистракции в АВФ [44]. Авторы считают преимуществом этой методики стимуляцию кровообращения на уровне дистального сегмента нижней конечности (в зоне пяточно-большеберцового артродеза) за счет остеотомии дистальной зоны большеберцовой кости, а также меньшую продолжительность такого обременительного для пациента метода фиксации, как АВФ. Однако, по нашему мнению, применение погружного металлостеосинтеза у пациентов с СДС является недостатком методики. Кроме того, авторы статьи указывают на более длительный срок формирования регенерата в нижней трети голени по

сравнению с остеотомией в проксимальной метафизарной зоне: приблизительно 10 и 8 мес. соответственно.

Сроки ношения АВФ и формирования костного анкилоза при сочетании костной пластики ДКМ с аутокостью для компенсации укорочения голени при пяточно-большеберцовом артродезе [38], использовании металлического имплантата с трабекулярной текстурой в сочетании с аутокостью [35], удлинении голени по Илизарову за счет формирования дистракционного регенерата в проксимальном метафизе [43] сопоставимы. Однако использование свободной костной пластики дороже и технически сложнее. Наличие погружных фиксаторов и любого вида костных трансплантатов для пациентов с СДС потенциально более рискованно.

Каждая из описанных методик представляет научный и практический интерес. Однако непонятно, когда и при каких обстоятельствах следует отдавать предпочтение той или иной технике. Во всех сообщениях описан положительный опыт костной пластики при ДНОАП. Однако среди изученных публикаций нет ни одного исследования с высоким уровнем доказательности, т.е. рандомизированных контролируемых клинических исследований. В тех публикациях, где фигурировала контрольная группа, ее подбор был не совсем корректным, критерии сравнения не выделены, объективные показатели скудны. В большинстве случаев авторы ограничивались словесным описанием положительной динамики и результатов лечения.

Для реконструктивной хирургии среднего отдела стопы Шарко более актуальна свободная пластика, но публикаций о формировании дистракционного регенерата в данной области мы не встретили. Во всех работах, посвященных данной тематике, упоминается, что аутопластика по-прежнему является золотым стандартом замещения костных дефектов небольшого объема.

Очевидно, что у каждого способа костной пластики есть свои преимущества и недостатки. Все они ещё нуждаются в продолжении исследований, анализе и изучении практической эффективности. Нам представляется, что замещение костного дефекта при помощи формирования внеочагового дистракционного регенерата является менее рискованным и более физиологичным, простым, дешевым и надежным методом по сравнению со свободной костной пластикой компрометированной зоны опорно-двигательного аппарата при ДНОАП. В большей степени это касается удлинения голени при поражении заднего отдела стопы и голеностопного сустава.

Укорочение на 1–3 см за счет резекционного артродеза среднего отдела при поражении кос-

тей по всей ширине, на наш взгляд, имеет ограниченное показание для выполнения свободной костной пластики, т.к. функция стопы, биомеханика, опороспособность конечности в таком случае не сопровождаются грубыми нарушениями. Применение же трансплантата большого объема при свободной костной пластике этой зоны увеличивает срок лечения, риск осложнений и снижает прогноз успешного результата операции.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Бардюгов П.С.* — дизайн обзора, информационный поиск и анализ публикаций, написание и редактирование текста статьи.

*Паршиков М.В.* — информационный поиск, написание и редактирование текста статьи.

*Ярыгин Н.В.* — информационный поиск, написание и редактирование текста статьи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Wukich D.K., Schaper N.C., Gooday C., Bal A., Bem R., Chhabra A. et al. Guidelines on the diagnosis and treatment of active Charcot neuro-osteoarthropathy in persons with diabetes mellitus (IWGDF 2023). *Diabetes Metab Res Rev.* 2023:e3646. doi: 10.1002/dmrr.3646.
2. Lowery N.J., Woods J.B., Armstrong D.G., Wukich D.K. Surgical management of Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle: a systematic review. *Foot Ankle Int.* 2012;33(2):113-121. doi: 10.3113/FAI.2012.0113.
3. Botek G., Figas S., Narra S. Charcot Neuroarthropathy Advances: Understanding Pathogenesis and Medical and Surgical Management. *Clin Podiatr Med Surg.* 2019;36(4):663-684. doi: 10.1016/j.cpm.2019.07.002.
4. Ajit Kumar Varma. Charcot Neuroarthropathy of the Foot and Ankle: A Review. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52(6):740-749. doi: 10.1053/j.jfas.2013.07.001.
5. Spiess K.E., McLemore A., Zinyemba P., Ortiz N., Meyr A.J. Application of the five stages of grief to diabetic limb loss and amputation. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(6):735-539. doi: 10.1053/j.jfas.2014.06.016.
6. Wukich D.K., Raspovic K.M., Suder N.C. Patients With Diabetic Foot Disease Fear Major Lower-Extremity Amputation More Than Death. *Foot Ankle Spec.* 2018;11(1):17-21. doi: 10.1177/1938640017694722.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Костная аутопластика при поражении медиальной или латеральной колонны среднего отдела стопы и удлинение голени по Илизарову для компенсации укорочения конечности после реконструктивных операций на уровне заднего отдела стопы и голеностопного сустава являются наиболее часто применяемыми методами замещения костных дефектов у пациентов со стопой Шарко.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Bardyugov P.S.* — study concept and design, literature search and analysis, writing and drafting the article.

*Parshikov M.V.* — literature search and analysis, writing and drafting the article.

*Yarygin N.V.* — literature search and analysis, writing and drafting the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

7. Rogers L.C., Frykberg R.G., Armstrong D.G., Boulton A.J., Edmonds M., Van G.H. et al. The Charcot foot in diabetes. *Diabetes Care.* 2011;34(9):2123-2129. doi: 10.2337/dc11-0844.
8. Ha J., Hester T., Foley R., Reichert I.L.H., Vas P.R.J., Ahluwalia R. et al. Charcot foot reconstruction outcomes: A systematic review. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(3):357-368. doi: 10.1016/j.jcot.2020.03.025.
9. Kwaadu K.Y. Charcot Reconstruction: Understanding and Treating the Deformed Charcot Neuropathic Arthropathic Foot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2020;37(2):247-261. doi: 10.1016/j.cpm.2019.12.002.
10. Cianni L., Bocchi M.B., Vitiello R., Greco T., De Marco D., Masci G. et al. Arthrodesis in the Charcot foot: a systematic review. *Orthop Rev (Pavia).* 2020;12(Suppl 1):8670. doi: 10.4081/or.2020.8670.
11. Hartig N., Krenn S., Trnka H.J. Surgical treatment of the Charcot foot: long-term results and systematic review. *Orthopade.* 2015;44(1):14-24. (In German). doi: 10.1007/s00132-014-3058-8.
12. Wukich D.K., Belczyk R.J., Burns P.R., Frykberg R.G. Complications encountered with circular ring fixation in persons with diabetes mellitus. *Foot Ankle Int.* 2008;29(10):994-1000. doi: 10.3113/FAI.2008.0994.

13. Belczyk R.J., Rogers L.C., Andros G., Wukich D.K., Burns P.R. External fixation techniques for plastic and reconstructive surgery of the diabetic foot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2011;28(4):649-660. doi: 10.1016/j.cpm.2011.07.001.
14. Wiewiorski M., Yasui T., Miska M., Frigg A., Valderrabano V. Solid bolt fixation of the medial column in Charcot midfoot arthropathy. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52(1):88-94. doi: 10.1053/j.jfas.2012.05.017.
15. Stapleton J.J., Zgonis T. Surgical reconstruction of the diabetic Charcot foot: internal, external or combined fixation? *Clin Podiatr Med Surg.* 2012;29(3):425-433. doi: 10.1016/j.cpm.2012.04.003.
16. Franceschi F., Franceschetti E., Torre G., Papalia R., Samuelsson K., Karlsson J. et al. Tibiotalocalcaneal arthrodesis using an intramedullary nail: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1316-1325. doi: 10.1007/s00167-015-3548-1.
17. Dalla Paola L., Brocco E., Ceccacci T., Ninkovic S., Sorgentone S., Marinescu M.G. et al. Limb salvage in Charcot foot and ankle osteomyelitis: combined use single stage/double stage of arthrodesis and external fixation. *Foot Ankle Int.* 2009;30(11):1065-1070. doi: 10.3113/FAI.2009.1065.
18. Ramanujam C.L., Zgonis T. An Overview of Internal and External Fixation Methods for the Diabetic Charcot Foot and Ankle. *Clin Podiatr Med Surg.* 2017;34(1):25-31. doi: 10.1016/j.cpm.2016.07.004.
19. Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Галстян Г.Р., Ярыгин Н.В. Показания к различным вариантам ортопедической коррекции деформаций стопы при диабетической нейроостеоартропатии. *Сахарный диабет.* 2020;23(4):374-385. doi: 10.14341/DM12271.
20. Bardyugov P.S., Parshikov M.V., Galstyan G.R., Yarygin N.V. Indications for various options of foot deformities orthopedic correction in diabetic neuroosteoarthropathy. *Diabetes Mellitus.* 2020; 23(4):374-385. (In Russian). doi: 10.14341/DM12271.
21. Ramanujam C.L., Stapleton J.J., Zgonis T. Diabetic charcot neuroarthropathy of the foot and ankle with osteomyelitis. *Clin Podiatr Med Surg.* 2014;31(4):487-492. doi: 10.1016/j.cpm.2013.12.001.
22. Ramanujam C.L., Facaros Z., Zgonis T. An overview of bone grafting techniques for the diabetic Charcot foot and ankle. *Clin Podiatr Med Surg.* 2012;29(4):589-595. doi: 10.1016/j.cpm.2012.07.005.
23. Sanders L.J. The Charcot foot: historical perspective 1827-2003. *Diabetes Metab Res Rev.* 2004;20 Suppl 1: S4-8. doi: 10.1002/dmrr.451.
24. Sanders L.J., Frykberg R.G. Diabetic neuropathic osteoarthropathy: the Charcot foot. In: Frykberg R.G. (ed.) *The high risk foot in diabetes mellitus.* New York: Churchill Livingstone; 1991. p. 297-338.
25. El-Gafary K.A., Mostafa K.M., Al-Adly W.Y. The management of Charcot joint disease affecting the ankle and foot by arthrodesis controlled by an Ilizarov frame: early results. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(10):1322-1325. doi: 10.1302/0301-620X.91B10.22431.
26. Shah N.S., De S.D. Comparative analysis of uniplanar external fixator and retrograde intramedullary nailing for ankle arthrodesis in diabetic Charcot's neuroarthropathy. *Indian J Orthop.* 2011;45(4):359-364. doi: 10.4103/0019-5413.82343.
27. Fitzgibbons T.C., Hawks M.A., McMullen S.T., Inda D.J. Bone grafting in surgery about the foot and ankle: indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg.* 2011;19(2):112-120. doi: 10.5435/00124635-201102000-00006.
28. Sheyn D., Pelled G., Zilberman Y., Talasazan F., Frank J.M., Gazit D. et al. Nonvirally engineered porcine adipose tissue-derived stem cells: use in posterior spinal fusion. *Stem Cells.* 2008;26(4):1056-1064. doi: 10.1634/stemcells.2007-0858.
29. Deresh G.M., Cohen M. Reconstruction of the diabetic Charcot foot incorporating bone grafts. *J Foot Ankle Surg.* 1996;35(5):474-488. doi: 10.1016/s1067-2516(96)80069-x.
30. Simon S.R., Tejwani S.G., Wilson D.L., Santner T.J., Denniston N.L. Arthrodesis as an early alternative to nonoperative management of Charcot arthropathy of the diabetic foot. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82-A(7):939-950. doi: 10.2106/00004623-200007000-00005.
31. Jeong S.T., Park H.B., Hwang S.C., Kim D.H., Nam D.C. Use of intramedullary nonvascularized fibular graft with external fixation for revisional Charcot ankle fusion: a case report. *J Foot Ankle Surg.* 2012;51(2):249-253. doi: 10.1053/j.jfas.2011.10.026.
32. Bishop A.T., Wood M.B., Sheetz K.K. Arthrodesis of the ankle with a free vascularized autogenous bone graft. Reconstruction of segmental loss of bone secondary to osteomyelitis, tumor, or trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(12):1867-1875. doi: 10.2106/00004623-199512000-00011.
33. Mak M.F., Stern R., Assal M. Masquelet Technique for Midfoot Reconstruction Following Osteomyelitis in Charcot Diabetic Neuropathy: A Case Report. *JBJS Case Connect.* 2015;5(2):e28. doi: 10.2106/JBJS.CC.N.00112.
34. Neufeld S.K., Uribe J., Myerson M.S. Use of structural allograft to compensate for bone loss in arthrodesis of the foot and ankle. *Foot Ankle Clin.* 2002;7(1):1-17. doi: 10.1016/s1083-7515(01)00002-x.
35. Karr J.C. Management in the wound-care center outpatient setting of a diabetic patient with forefoot osteomyelitis using Cerament Bone Void Filler impregnated with vancomycin: off-label use. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2011;101(3):259-264. doi: 10.7547/1010259.
36. Kreulen C., Lian E., Giza E. Technique for Use of Trabecular Metal Spacers in Tibiotalocalcaneal Arthrodesis With Large Bony Defects. *Foot Ankle Int.* 2017;38(1):96-106. doi: 10.1177/1071100716681743.
37. Deresh G.M., Cohen M. Reconstruction of the diabetic Charcot foot incorporating bone grafts. *J Foot Ankle Surg.* 1996;35(5):474-488. doi: 10.1016/s1067-2516(96)80069-x.
38. Pacaccio D.J., Stern S.F. Demineralized bone matrix: basic science and clinical applications. *Clin Podiatr Med Surg.* 2005;22(4):599-606. doi: 10.1016/j.cpm.2005.07.001.
39. Оснач С.А., Оболенский В.Н., Процко В.Г., Борзунов Д.Ю., Загородный Н.В., Тамоев С.К. Метод двухэтапного лечения пациентов с тотальными и субтотальными дефектами стопы при нейроостеоартропатии Шарко. *Гений ортопедии.* 2022;28(4):523-531. doi: 10.28-4427-2022-28-4-523-531.
40. Osnach S.A., Obolensky V.N., Protsko V.G., Borzunov D.Yu., Zagorodny N.V., Tamoev S.K. Method of two-stage treatment of total and subtotal defects of the foot in Charcot neuroosteoarthropathy. *Genius Orthopaedic.* 2022;28(4):523-531. (In Russian). doi: 10.28-4427-2022-28-4-523-531.
41. Hollawell S.M. Allograft Cellular Bone Matrix as an Alternative to Autograft in Hindfoot and Ankle Fusion Procedures. *J Foot Ankle Surg.* 2012;51(2):222-225. doi: 10.1053/j.jfas.2011.10.001.
42. Lee D.K., Mulder G.D. Stem cell applications in diabetic Charcot foot and ankle reconstructive surgery. *Wounds.* 2010;22(9):226-9.

41. Siddiqui N.A., Millonig K.J., Mayer B.E., Fink J.N., McClure P.K., Bibbo C. Increased Arthrodesis Rates in Charcot Neuroarthropathy Utilizing Distal Tibial Distraction Osteogenesis Principles. *Foot Ankle Spec.* 2022;15(4):394-408. doi: 10.1177/19386400221087822.
42. Tellisi N., Fragomen A.T., Ilizarov S., Rozbruch S.R. Limb salvage reconstruction of the ankle with fusion and simultaneous tibial lengthening using the Ilizarov/Taylor spatial frame. *HSS J.* 2008;4(1):32-42. doi: 10.1007/s11420-007-9073-0.
43. Sakurakichi K., Tsuchiya H., Uehara K., Kabata T., Yamashiro T., Tomita K. Ankle arthrodesis combined with tibial lengthening using the Ilizarov apparatus. *J Orthop Sci.* 2003;8(1):20-25. doi: 10.1007/s007760300003.
44. Millonig K.J., Siddiqui N.A. Tibial Lengthening and Intramedullary Nail Fixation for Hindfoot Charcot Neuroarthropathy. *Clin Podiatr Med Surg.* 2022;39(4): 659-673. doi: 10.1016/j.cpm.2022.05.011.

---

**Сведения об авторах**

✉ Бардюгов Петр Сергеевич

Адрес: Россия, 117036, г. Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 11.  
<https://orcid.org/0000-0002-5771-0973>  
e-mail: petrbaridiugov@gmail.com

Паршиков Михаил Викторович — д-р мед. наук, профессор  
<http://orcid.org/0000-0003-4201-4577>  
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

Ярыгин Николай Владимирович — д-р мед. наук,  
профессор, член-корр. РАН  
<http://orcid.org/0000-0003-4322-6985>  
e-mail: dom1971@yandex.ru

---

**Authors' information**

✉ Petr S. Bardyugov

Address: 11, Dm. Ulyanova st., 117036, Moscow, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-5771-0973>  
e-mail: petrbaridiugov@gmail.com

Mikhail V. Parshikov — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<http://orcid.org/0000-0003-4201-4577>  
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

Nikolay V. Yarygin — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<http://orcid.org/0000-0003-4322-6985>  
e-mail: dom1971@yandex.ru

## СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ МИРОНОВ

### 1948–2023

14 августа 2023 г. на 76-м году жизни после непродолжительной болезни скоропостижно скончался выдающийся ученый, отличный организатор, прекрасный клиницист, эрудированный педагог, общественный деятель, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН Сергей Павлович Миронов.

Сергей Павлович родился 6 августа 1948 г. в Москве. Вся трудовая деятельность Сергея Павловича была неразрывно связана с Центральным институтом травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. Еще будучи студентом Первого Московского медицинского института, он начал здесь работать санитаром, а затем медбратом. После окончания института в 1973 г. его распределили на работу в отделение детской травматологии ЦИТО.

В 1979 г. С.П. Миронов защитил кандидатскую диссертацию на тему «Оперативное лечение посттравматических контрактур и анкилозов локтевого сустава у детей». В 1983 г. он был избран по конкурсу на должность заведующего отделением спортивной и балетной травмы. В 1984 г. С.П. Миронов закончил работу над докторской диссертацией «Посттравматические деформации и контрактуры крупных суставов у детей и подростков и их лечение», которую успешно защитил.

Дальнейшая научная деятельность профессора С.П. Миронова была связана с разработкой и внедрением в травматологию и ортопедию малоинвазивных артроскопических и микрохирургических методов лечения.

С 1995 по 2011 г. Сергей Павлович являлся заместителем управляющего делами Президента Российской Федерации, начальником Главного медицинского управления, а с 1998 по 2019 г. — директором ЦИТО, где ярко проявился его талант организатора. С 2019 г. до последнего времени Сергей Павлович был почетным Президентом НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.

На протяжении 25 лет Сергей Павлович являлся главным внештатным специалистом травматологом-ортопедом Минздрава России



и проводил огромную работу по развитию травматолого-ортопедической службы во всех регионах Российской Федерации.

Сергей Павлович длительное время руководил кафедрами травматологии и ортопедии МГУ им. М.И. Ломоносова, а затем ФГБОУ ВО «МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, где готовили травматологов-ортопедов не только для Российской Федерации, но и для стран СНГ.

С 1999 г. до последнего дня Сергей Павлович был главным редактором журнала «Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова», а также членом редакционных коллегий ряда ведущих отечественных и зарубежных журналов по нашей специальности.

Его общественная деятельность неразрывно связана с созданием в 1996 г. профессиональной общественной организации «Российское артроскопическое общество», а в 2014 г. — Ассоциации травматологов-ортопедов России, президентом которых Сергей Павлович являлся на протяжении длительного времени.

Память о Сергее Павловиче Миронове, прекрасном человеке, талантливом организаторе и руководителе, навсегда сохранится в сердцах его родных, друзей, коллег, учеников и пациентов.

*Коллектив НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова  
Редакция журнала присоединяется к соболезнованиям наших коллег*