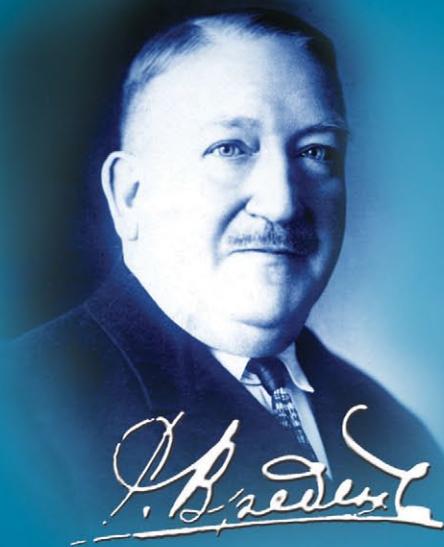


ISSN 2311-2905 (print)  
ISSN 2542-0933 (online)



# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

TRAUMATOLOGY  
AND ORTHOPEDICS  
OF RUSSIA

2023 • Т. 29 • № 4

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

# Травматология и ортопедия России

Том 29, Выпуск 4, 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., Малышев 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)  
*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 (ЕCSTO, 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 (РНМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия)  
*Середа 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 4, 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. Baidurashvili* – 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)  
*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.) (Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)  
*Aleksander Yu. Kochish* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Veit Krenn* – MD, Professor (Center for Histology, Cytology and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)  
*Djoldas Kuldjanov* – MD, Professor (University Hospital, St. Louis, USA)  
*Dmitry A. Malanin* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vologograd State Medical University, Vologograd, 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>Божкова С.А., Преображенский П.М., Кочиш А.А., Тихилов Р.М., Артюх В.А., Клиценко О.А.</b> Перипротезная инфекция коленного и тазобедренного суставов — можно ли сравнивать результаты лечения? .....	5
<b>Малюченко Л.И., Николаев Н.С., Яковлев В.В., Преображенская Е.В.</b> Среднесрочные результаты лечения перипротезной инфекции с применением спейсеров с углеродным покрытием, импрегнированных серебром .....	14
<b>Богопольский О.Е., Филонов П.В., Тихилов Р.М.</b> Результаты артроскопического лечения пациентов с фемороацетабулярным импинджментом в зависимости от типа деформации тазобедренного сустава .....	24
<b>Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Познович М.С., Баскаева Т.В.</b> Влияние радикальной реконструкции тазобедренного сустава у детей с подвывихом бедра на показатели сагиттального баланса и тип вертикальной осанки: среднесрочные результаты .....	35
<b>Мясоедов А.А., Шубняков И.И., Середа А.П., Карелкин В.В., Юнкина Е.А., Березин Г.В.</b> Остеонекроз головки бедренной кости — еще одно наследие COVID-19? .....	49
<b>Сергеев Г.Д., Беленький И.Г., Рефицкий Ю.В., Савелло В.Е., Майоров Б.А.</b> Результаты лечения пациентов с переломами лодыжек и заднего края большеберцовой кости с использованием различных вариантов хирургической техники .....	59
<b>Егиазарян К.А., Парсаданян Г.К., Ершов Д.С., Скворцова М.А., Ратьев А.П., Афанасьев А.В.</b> Среднесрочные результаты хирургического лечения ризартроза методами интерпозиционной и суспензионно-интерпозиционной артропластики .....	69
<b>Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Коновальчук Н.С., Пашкова Е.А., Середа А.П.</b> Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии шкалы Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава (AOFAS-AHS) .....	78
ДИСКУССИИ	
<b>Заднепровский Н.Н., Куликов В.В., Владимирова Я.Б., Иванов П.А.</b> Предложения по введению некоторых новых терминов в хирургию таза и вертлужной впадины .....	87

<b>Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К., Шмелев А.В.</b> Эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: стандартная операция или сложный случай? .....	101
КОММЕНТАРИИ	
<b>Корнилов Н.Н.</b> Редакционный комментарий к статье А.Н. Цеда с соавторами «Эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: стандартная операция или сложный случай?» .....	113
ОБМЕН ОПЫТОМ	
<b>Кехайов Р.И., Семенистый А.А., Георгиев П.Р., Герчев А.И.</b> Результаты открытого вправления врожденного вывиха бедра, варизирующей деротационной остеотомии и ацетабулопластики по Dega у детей с дисплазией тазобедренного сустава: ретроспективный анализ .....	116
СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ	
<b>Коробушкин Г.В., Ахмедов Б.Г., Чеботарев В.В., Гайдаров А.Р.</b> Замещение костного дефекта таранной кости аутоотрансплантатом, взятым из пяточной кости, с применением AMIC-технологии: клинический случай .....	125
ОБЗОРЫ	
<b>Головёнкин Е.С., Соломин Л.Н.</b> Коррекция многовершинных деформаций длинных костей нижних конечностей: обзор литературы .....	134
<b>Корнева Ю.С., Борисенко М.Б.</b> Значение инфрапателлярной жировой ткани в патогенезе остеоартрита коленного сустава: обзор зарубежной литературы .....	147
ИСТОРИЯ МЕДИЦИНЫ	
<b>Егиазарян К.А., Ершов Д.С.</b> Георгий Сергеевич Бом — основатель кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова .....	156
ЮБИЛЕИ	
<b>Владимир Сергеевич Зубиков</b> К 70-летию со дня рождения .....	160
ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ	
<b>Владимир Федорович Цель</b> К 125-летию со дня рождения .....	162
ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ .....	164

## CONTENTS

## CLINICAL STUDIES

<b>Bozhkova S.A., Preobrazhensky P.M., Kochish A.A., Tikhilov R.M., Artyukh V.A., Klitsenko O.A.</b> Periprosthetic Knee and Hip Infection – Is It Possible to Compare Treatment Outcomes?.....	5
<b>Malyuchenko L.I., Nikolaev N.S., Yakovlev V.V., Preobrazhenskaya E.V.</b> Treating Periprosthetic Joint Infection With Silver-Impregnated Carbon-Coated Spacers: Mid-Term Outcomes.....	14
<b>Bogopolskiy O.E., Filonov P.V., Tikhilov R.M.</b> Results of Arthroscopic Treatment of Patients With Femoroacetabular Impingement Depending on the Type of Hip Deformity.....	24
<b>Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnyukov I.Yu., Poznovich M.S., Baskaeva T.V.</b> Effect of Radical Hip Reconstruction in Children With Hip Subluxation on Sagittal Balance and Type of Vertical Posture: Mid-Term Results .....	35
<b>Myasoedov A.A., Shubnyakov I.I., Sereda A.P., Karelkin V.V., Yunkina E.A., Berezin G.V.</b> Osteonecrosis of the Femoral Head: Another Legacy of COVID-19? .....	49
<b>Sergeev G.D., Belen'kiy I.G., Refitskii Yu.V., Savello V.E., Maiorov B.A.</b> Results of Surgical Treatment of Ankle and Posterior Malleolus Fractures Using Different Surgical Techniques.....	59
<b>Egiazaryan K.A., Parsadanyan G.K., Ershov D.S., Skvortsova M.A., Ratiev A.P., Afanasiev A.V.</b> Mid-Term Results of Surgical Treatment for Rhizarthrosis Using Interposition and Suspension-Interposition Arthroplasty .....	69
<b>Fomichev V.A., Sorokin E.P., Konovalchuk N.S., Pashkova E.A., Sereda A.P.</b> Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Russian-Language Version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale AOFAS-AHS.....	78
DISCUSSIONS	
<b>Zadneprovskiy N.N., Kulikov V.V., Vladimirova Ya.B., Ivanov P.A.</b> Suggestions for Introducing Some New Terms in Pelvic and Acetabular Surgery.....	87

<b>Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K., Schmeljov A.V.</b> Total Knee Arthroplasty in Hemodialysis Patients: Routine or Complex Surgery?.....	101
COMMENTS	
<b>Kornilov N.N.</b> Editorial Comment on the Article by A.N. Tsed et al. “Total Knee Arthroplasty in Hemodialysis Patients: Routine or Complex Surgery?” .....	113
EXPERIENCE EXCHANGE	
<b>Keheyov R.I., Semenisty A.A., Georgiev P.R., Gerchev A.I.</b> Treatment Outcomes After Open Reduction, Varus Derotational Osteotomy and Dega Acetabuloplasty in Children With Dislocated Dysplastic Hip: Retrospective Analysis .....	116
CASE REPORTS	
<b>Korobushkin G.V., Akhmedov B.G., Chebotarev V.V., Gaidarov A.R.</b> Repair of Bone Defect of the Talus with Calcaneus Autograft and Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis: A Case Report .....	125
REVIEWS	
<b>Golovenkin E.S., Solomin L.N.</b> Correction of Multiapical Deformities of Long Bones of the Lower Extremities: A Review .....	134
<b>Korneva Yu.S., Borisenko M.B.</b> Role of Infrapatellar Fat Tissue in the Pathogenesis of Knee Osteoarthritis: A Review.....	147
HISTORY OF MEDICINE	
<b>Egiazaryan K.A., Ershov D.S.</b> Georgii S. Bom – the founder of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery of Pirogov Russian National Research Medical University.....	156
JUBILEES	
<b>Vladimir S. Zubikov</b> To the 70 <sup>th</sup> Anniversary of the Birth .....	160
MEMORIAL DATES	
<b>Vladimir F. Tsel</b> To the 125 <sup>th</sup> Anniversary of the Birth .....	162
LETTERS TO EDITOR .....	164

Научная статья

УДК (616.728.3+616.728.2)-089.844-022-08

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-15526>

## Перипротезная инфекция коленного и тазобедренного суставов — можно ли сравнивать результаты лечения?

С.А. Божкова<sup>1</sup>, П.М. Преображенский<sup>1</sup>, А.А. Кочиш<sup>1</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1</sup>,  
В.А. Артюх<sup>1</sup>, О.А. Клиценко<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 «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Известно, что на исходы лечения пациентов с перипротезной инфекцией (ППИ) значимое влияние оказывают состояние организма пациента и тканей в области инфекционного очага, характер возбудителя, тактика проведенного лечения. Однако топографо-анатомические особенности кровоснабжения коленного и тазобедренного суставов, а также объема мягких тканей также могут влиять на спектр возбудителей, проявления инфекционного процесса и, как следствие, на эффективность лечения.

**Цель исследования** — провести сравнительный анализ соматического статуса пациентов, этиологии инфекционного процесса и эффективности лечения перипротезной инфекции в зависимости от ее локализации.

**Материал и методы.** Проведено когортное ретроспективное исследование. Изучены истории болезни 337 пациентов: 119 с ППИ после эндопротезирования коленного сустава (КС) и 218 — после эндопротезирования тазобедренного сустава (ТБС), прошедших лечение с применением двухэтапной методики с 2007 по 2017 г. Проведен сравнительный анализ структуры возбудителей ППИ и сопутствующей патологии между пациентами с ППИ КС и ТБС, определена частота купирования инфекции в обеих группах после первого этапа лечения.

**Результаты.** Рецидив диагностировали в 4 раза чаще у пациентов с ППИ ТБС относительно ППИ КС. Факторами риска рецидива были граммотрицательные возбудители, микробные ассоциации и свищевые формы инфекционного процесса. Локализация инфекционного процесса в области ТБС ассоциирована со статистически значимо большим объемом кровопотери на фоне более длительной операции санлирующего этапа.

**Заключение.** Рецидивы перипротезной инфекции чаще происходят в области тазобедренного сустава по сравнению с коленным суставом. Необходим дальнейший анализ критически важных факторов развития рецидива с целью возможного воздействия на них.

**Ключевые слова:** перипротезная инфекция, эндопротезирование тазобедренного сустава, эндопротезирование коленного сустава, коморбидность, этиология.

**Для цитирования:** Божкова С.А., Преображенский П.М., Кочиш А.А., Тихилов Р.М., Артюх В.А., Клиценко О.А. Перипротезная инфекция коленного и тазобедренного суставов — можно ли сравнивать результаты лечения? *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(4):5-13. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15526>.

Кочиш Андрей Александрович; e-mail: kochishman@gmail.com

Рукопись получена: 13.08.2023. Рукопись одобрена: 31.10.2023. Статья опубликована онлайн: 20.11.2023.

© Божкова С.А., Преображенский П.М., Кочиш А.А., Тихилов Р.М., Артюх В.А., Клиценко О.А., 2023



## Periprosthetic Knee and Hip Infection – Is It Possible to Compare Treatment Outcomes?

Svetlana A. Bozhkova<sup>1</sup>, Petr M. Preobrazhensky<sup>1</sup>, Andrey A. Kochish<sup>1</sup>,  
Rashid M. Tikhilov<sup>1,2</sup>, Vasily A. Artyukh<sup>1</sup>, Olga A. Klitsenko<sup>2</sup>

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

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

### Abstract

**Background.** It is known that the outcomes of patients treatment with periprosthetic joint infection (PJI) are significantly influenced by the state of the patient's body, the nature of the pathogen, the state of tissues in the area of the infectious focus and the treatment tactics. However, topographic and anatomical features of the blood supply to the knee and hip joints, as well as the volume of soft tissues, can affect the spectrum of pathogens, manifestations of the infectious process and, as a consequence, the effectiveness of treatment.

**The aim of the study** was to conduct a comparative analysis of the somatic status of patients, the etiology of the infectious process and the effectiveness of treatment of PJI depending on its localization.

**Methods.** A single-center retrospective study was conducted. The cases of 337 patients were studied – 119 patients with knee and 218 patients with hip PJI who underwent treatment with a two-stage technique during the period from 2007 to 2017. A comparative analysis of the PJI pathogens structure and concomitant pathology between patients with hip and knee PJI was carried out. The frequency of infection relief in the groups following the first stage was counted.

**Results.** Recurrence was diagnosed four times more frequently in patients with hip PJI compared to knee PJI. Risk factors for recurrence were gram-negative pathogens, microbial associations, and fistulous forms of the infectious process. Localization of the infectious process in the hip area was associated with a statistically significant greater volume of blood loss during the prolonged debridement surgery.

**Conclusion.** Recurrences of PJI occur more frequently in the hip area compared to the knee joint. Further analysis of critical factors in recurrence development is necessary for potential intervention.

**Keywords:** periprosthetic joint infection, hip arthroplasty, knee arthroplasty, comorbidity, etiology.

---

**Cite as:** Bozhkova S.A., Preobrazhensky P.M., Kochish A.A., Tikhilov R.M., Artyukh V.A., Klitsenko O.A. Periprosthetic Knee and Hip Infection – Is It Possible to Compare Treatment Outcomes? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):5-13. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15526>.

✉ Andrey A. Kochish; e-mail: [kochishman@gmail.com](mailto:kochishman@gmail.com)

Submitted: 13.08.2023. Accepted: 31.10.2023. Published Online: 20.11.2023.

© Bozhkova S.A., Preobrazhensky P.M., Kochish A.A., Tikhilov R.M., Artyukh V.A., Klitsenko O.A., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Перипротезная инфекция (ППИ) после эндопротезирования крупных суставов является наиболее опасным его осложнением. Она неизменно входит в тройку наиболее распространенных причин реэндопротезирования наряду с вывихами и асептической нестабильностью [1, 2]. ППИ занимает первое место по частоте встречаемости, неизменно растут ее абсолютные значения, что приводит к колоссальным финансовым затратам на ее лечение [3, 4]. Высокий риск рецидивов, наряду с увеличением частоты выделения трудных для эрадикации (ТДЭ) возбудителей, вынуждает хирургов по-прежнему обращаться к двухэтапной методике лечения, включающей санацию с установкой антимикробного спейсера и последующим реэндопротезированием [5, 6]. Несмотря на то, что данный метод является общепризнанным для лечения хронической ППИ, частота рецидивов остается высокой и варьирует в диапазоне от 10 до 30% [7, 8].

В настоящее время активно изучаются факторы риска манифестации и рецидива ППИ, связанные с пациентом: ожирение, хроническая патология печени и почек, системные заболевания, наличие зависимостей [9, 10, 11]. Однако влияние локализации инфекционного процесса, т.е. анатомического фактора, изучено недостаточно. Коленный сустав (КС) и тазобедренный сустав (ТБС) имеют свои топографо-анатомические особенности кровоснабжения с различным массивом мягких тканей в проекции хирургического доступа. Близость к органам малого таза для ТБС или малый слой клетчатки в области КС потенциально могут влиять на спектр возбудителей ППИ и частоту развития свищевого хода.

Анализ литературы по теме исследования выявил малое количество публикаций, посвященных сравнительному анализу факторов риска развития рецидива ППИ в зависимости от ее локализации. Новые данные об особенностях инфекционного процесса различных локализаций и их влиянии на исход позволят повысить эффективность лечения данной категории пациентов.

*Цель исследования* — провести сравнительный анализ соматического статуса пациентов, этиологии инфекционного процесса и эффективности лечения хронической перипротезной инфекции в зависимости от ее локализации.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Ретроспективное когортное исследование проведено на основании анализа медицинской документации и телефонных опросов 337 пациентов

с ППИ после первичного эндопротезирования: 119 пациентов с ППИ КС и 218 пациентов с ППИ ТБС. Пациенты прошли лечение в клинике НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена с 2007 по 2017 г.

*Критерий включения* в исследование: впервые выявленная ППИ с последующим выполнением пациенту санирующей операции с установкой антимикробного спейсера.

*Критериями невключения* в исследование были ревизии сустава в анамнезе, наличие системной воспалительной реакции при поступлении и использование жгута при санации коленного сустава.

Диагностика ППИ выполнялась на основе критериев Согласительной международной конференции по перипротезной инфекции [12]. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от локализации инфекционного процесса: группа 1 — в области КС, группа 2 — в области ТБС. В обеих группах были изучены сроки госпитализации, длительность санирующей операции, объем кровопотери, спектр возбудителей ППИ, индекс коморбидности [13], тип инфекции по W. Zimmerli, доля пациентов со свищевой формой инфекции, эффективность купирования ППИ.

Для анализа спектра возбудителей учитывали результаты микробиологического исследования тканевых биоптатов и соникационной жидкости после ультразвуковой обработки удаленных конструкций. Тип инфекции определяли согласно классификации W. Zimmerli, основанной на сроках манифестации инфекционного процесса после первичного эндопротезирования [14]. В ней выделены три типа инфекции: ранняя (срок манифестации менее 3 мес.), отсроченная (срок манифестации от 3 до 12 мес.) и поздняя (более 12 мес.).

Для получения суммарного балла коморбидности была проанализирована частота встречаемости патологий, которые могут оказывать влияние на исход лечения. Итоговый балл коморбидности получали путем суммирования баллов по всем нозологиям в соответствии со степенью их выраженности [13].

Эффективность купирования хронической инфекции оценивали при поступлении пациентов на второй этап хирургического лечения. Средний срок наблюдения за пациентами после выполнения первого этапа составил 180 дней (МКИ 150–195). Критериями эрадикации инфекции считали отсутствие клинических и лабораторных признаков инфекционного процесса, а также отсутствие данных о рецидиве между этапами лечения. Одиннадцать пациентов с ППИ КС были исключены из анализа эффективности лечения по причине отсутствия связи с ними на момент проведения исследования.

### Статистический анализ

Полученные данные анализировали при помощи программы StatSoft STATISTICA 10. Сравнение частот качественных характеристик (пол, тип ППИ, эффективность лечения) проводили при помощи методов  $\chi^2$  и Пирсона. Для характеристики величин использовали медиану (Me) и межквартильный интервал (МКИ) (Q1–Q3; 25–75%). При анализе различий количественных данных (возраст, длительность госпитализации и операции, суммарный балл коморбидности) в изучаемых группах использовали критерий Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Для оценки риска развития рецидива по правилам доказательной медицины рассчитывали относительный риск (ОР) с 95% доверительным интервалом (ДИ).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено преобладание женщин над мужчинами в общей когорте пациентов, включенных в исследование (табл. 1). Доля женщин среди пациентов с ППИ КС была значимо выше ( $p = 0,03$ ), чем соответствующий показатель в группе пациентов с ППИ ТБС. Возраст пациентов составил от 22 лет до 87, Me — 62 года, МКИ 53–69 лет. Пациенты с локализацией инфекции в области КС были значимо старше пациентов с ППИ ТБС ( $p = 0,004$ ).

Вне зависимости от локализации инфекционного процесса преобладающим типом инфекции (51,6%) была поздняя инфекция с манифестацией симптомов через год и более после эндопротезирования. Свищевая форма (СФ) ППИ встречалась в половине всех наблюдений (50,7%), однако сравнительный анализ установил ее статистически значимое преобладание среди пациентов с локализацией очага инфекции в области ТБС ( $p < 0,05$ ).

Индекс коморбидности варьировал в диапазоне от 5 до 12 баллов (табл. 2). При этом пациенты с ППИ КС в среднем имели более высокий уровень этого показателя, чем в группе с ППИ ТБС ( $p = 0,01$ ).

Продолжительность операции ( $p = 0,00$ ), объем интраоперационной кровопотери ( $p = 0,00$ ) и длительность госпитализации ( $p = 0,02$ ), напротив, были существенно выше у пациентов с локализацией инфекции в области ТБС.

Эффективность купирования ППИ после санирующего этапа в общей когорте пациентов составила 83,8% (табл. 3). Обращает на себя внимание статистически значимое преобладание частоты неблагоприятных исходов лечения среди пациентов с инфекцией в области ТБС относительно КС ( $p = 0,002$ ).

Таблица 1

Характеристика пациентов, % (n)

Показатель	Всего, n = 337	Группа КС, n = 119	Группа ТБС, n = 218	p
Мужчины	39,8 (134)	32,0 (38)	44,0 (96)	0,03
Женщины	60,2 (203)	<b>68,0 (81)</b>	56,0 (122)	
Возраст, лет	62 (53–69)	<b>64 (58–69)</b>	61 (50–70)	0,004
Тип ППИ:				
ранняя	24,6 (83)	26,7 (32)	23,4 (51)	>0,05
отсроченная	23,7 (80)	26,0 (31)	22,5 (49)	>0,05
поздняя	51,6 (174)	47,0 (56)	54,1 (118)	>0,05
Форма ППИ:				
свищевая	50,7 (171)	27,7 (33)	<b>63,3 (138)</b>	0,00
несвищевая	49,3 (166)	<b>72,3 (86)</b>	36,7 (80)	0,00

Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом.

Таблица 2

Изучаемые показатели в группах сравнения

Показатель	Группа КС	Группа ТБС	p
Индекс коморбидности	<b>9 (7–12)</b>	8 (5–11)	0,01
Сроки госпитализации, дни	23 (19–27)	<b>25 (21–31)</b>	0,02
Время операции, мин	165 (135–190)	<b>190 (160–220)</b>	0,000
Кровопотеря, мл	650 (400–900)	<b>800 (500–1100)</b>	0,001

Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом.

Таблица 3

**Исходы перед вторым этапом лечения, % (n)**

Исход	Всего	Группа КС	Группа ТБС	p
Рецидив	16,2 (49)	5,0 (5)	<b>21,8 (44)</b>	0,002
Ремиссия	83,8 (254)	95,0 (96)	78,2 (158)	>0,05
Всего	100 (303)	100 (101)	100 (202)	н/о

Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом; н/о — не определялся.

В спектре ведущих возбудителей ППИ в обеих группах пациентов преобладали стафилококки (54,2%) (табл. 4). При этом у пациентов с локализацией инфекции в области КС незначительно превалировал *Staphylococcus epidermidis*, а в области ТБС — *Staphylococcus aureus*. Значимых расхождений в частоте встречаемости микробов между группами не выявлено за исключением *Propionibacterium* sp. Данного возбудителя значительно чаще изолировали из биоматериала пациентов с ППИ КС ( $p = 0,04$ ).

Дальнейший анализ структуры возбудителей был сфокусирован на изучении частоты рецидивов ППИ у пациентов с инфекцией различной локали-

зации (табл. 5). Установлено, что монобактериальная инфекция, вызванная грамположительными (Гр(+)) бактериями, значимо чаще ( $p < 0,05$ ) рецидивировала при локализации инфекционного процесса в области ТБС. У пациентов с ППИ КС выделение грамотрицательных (Гр(-)) патогенов в 7 раз увеличивало риск развития рецидива (ОР — 7,3; 95% ДИ 1,2 — 45,9) в сравнении с Гр(+) возбудителями инфекции.

Микробные ассоциации встречались преимущественно у пациентов с ППИ ТБС, при этом участие в них Гр(-) бактерий увеличивало риск развития рецидивов более чем в 2 раза (ОР — 2,3; 95% ДИ 0,7–7,3).

Таблица 4

**Структура возбудителей ППИ в группах, % (n)**

Возбудитель	Группа КС	Группа ТБС	p
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	29,2 (40)	28,1 (74)	>0,05
<i>Staphylococcus aureus</i>	27,0 (37)	33,4 (88)	>0,05
<i>Enterococcus</i> sp.	8,8 (12)	7,2 (19)	>0,05
<i>Propionibacterium</i> sp.	<b>7,3 (10)</b>	1,9 (5)	0,04
Сем. <i>Enterobacteriaceae</i>	6,6 (9)	4,2 (11)	>0,05
КНС	5,1 (7)	4,6 (12)	>0,05
<i>Streptococcus</i> sp.	4,4 (6)	6,1 (16)	>0,05
НГОб	4,4 (6)	6,5 (17)	>0,05
Прочие	4,4 (6)	4,9 (12)	>0,05
<i>Corynebacterium</i> sp.	2,9 (4)	1,9 (5)	>0,05
<i>Candida</i> sp.	0,0 (0)	1,5 (4)	>0,05
Всего м/о	100 (137)	100 (263)	>0,05

Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом. КНС — коагулазонегативные стафилококки (кроме *S. epidermidis*); сем. *Enterobacteriaceae* — включая *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae*; НГОб — неферментирующие грамотрицательные бактерии: *Ps. Aeruginosa*, *Acinetobacter* sp.

**Частота рецидивов у пациентов с моно-/полимикробной формой ППИ  
в группах, % (n / N)**

Случаи ППИ	Рецидив		p
	Группа КС	Группа ТБС	
ММФ (Гр+)	3,0 (2/66)	<b>22,2 (30/135)</b>	0,002
ММФ (Гр-)	22,2 (2/9)	23,1 (3/13)	>0,05
ПМФ (Гр+)	6,7 (1/15)	15,4 (4/26)	>0,05
ПМФ (Гр+ и Гр-)	0,0 (0/3)	35,7 (5/14)	н/о
Нет роста	0,0 (0/6)	10,0 (1/10)	н/о
Грибы	0,0 (0/2)	25,0 (1/4)	н/о
Всего	5,0* (5/101)	<b>21,8* (44/202)</b>	0,002

ММФ — мономикробная форма; ПМФ — полимикробная форма; н/о — не определялся; n — количество пациентов с рецидивом ППИ; N — число пациентов с конкретной формой ППИ; \* — средняя частота рецидивов в группе.

Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Этапное резэндопротезирование остается конкурентоспособной методикой лечения пациентов с ППИ, несмотря на обнадеживающие результаты одноэтапной хирургической стратегии в последнее десятилетие. Описывая преимущества одноэтапного резэндопротезирования и постепенно расширяя показания к нему на основе полученных данных о сопоставимой эффективности эрадикации инфекции, авторы ряда статей тем не менее говорят и о значимой роли двухэтапного алгоритма. Так, для пациентов с отягощенным соматическим статусом, ожирением, наличием свищевого хода, выявленными полирезистентными возбудителями этапное резэндопротезирование является предпочтительным. Учитывая, что доля вышеупомянутых категорий пациентов остается значительной, такая стратегия по-прежнему сохраняет актуальность [15, 16, 17].

Распространенность остеоартроза тазобедренного и коленного суставов выше у женщин, чем у мужчин, и заболеваемость увеличивается в период менопаузы (уменьшение объема хряща, потеря костной массы). Этот факт находит отражение в структуре пациентов, которым выполняется первичное эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов [18, 19].

Похожее соотношение сохраняется и у пациентов с ППИ ТБС и КС, что подтверждают данные нашего исследования. Однако доля мужчин в структуре пациентов с инфекционными осложнениями становится выше, что может быть связано с тем, что принадлежность к мужскому полу, по данным научных публикаций, является независимым фактором риска ППИ [20, 21].

С. Ху с соавторами показали, что одним из предрасполагающих факторов развития свищевой формы ППИ является локализация инфекционного процесса. По их данным, развитие ППИ после эндопротезирования ТБС значимо чаще сопровождалось формированием свищевого хода (25,4%) по сравнению с локализацией инфекционного процесса в области КС (18,5%) [22]. Согласно данным нашего исследования, у подавляющей доли пациентов с ППИ ТБС течение заболевания сопровождалось присутствием свищевого хода (63,5%), что статистически значимо выше, чем в схожих исследованиях иностранных коллег. Аналогичный показатель среди пациентов с ППИ КС был сопоставим с международной статистикой — 27,7%. По данным А. Gabrielli с соавторами, частота встречаемости свищевых форм ППИ ТБС и КС сопоставима — 24,2% и 20,5% соответственно [23].

Суммарный балл индекса коморбидности в обеих группах в нашем исследовании соответствовал среднему риску развития рецидива [13]. Несмотря на более высокий балл коморбидности, эффективность санлирующего этапа была выше у пациентов с ППИ КС, что может быть связано с большей частотой свищевых форм у пациентов с ППИ ТБС, которые сопровождаются в значительной части случаев выраженным воспалением мягких тканей или, возможно, наличием других факторов риска [24, 25]. Например, выявленная в нашем исследовании значимо большая продолжительность санлирующей операции с имплантацией спейсера и связанная с этим большая интраоперационная кровопотеря также являются предрасполагающими факторами риска рецидива ППИ.

Анализ исходов лечения пациентов с ППИ ТБС выявил существенное негативное влияние микробных ассоциаций с Gr(-) бактериями на эффективность первого этапа хирургического лечения. Наличие подобных ТДЭ возбудителей более чем в два раза увеличивало риск неудачи, что подтверждает результаты более ранних исследований [26, 27, 28].

Стафилококки были лидирующими патогенами ППИ в обеих группах исследования, что определяется их свойством формирования микробных биопленок [29]. Несмотря на то, что видовая структура патогенов, за исключением более частого выделения *Propionibacterium* sp. из материала пациентов с инфекцией в области коленного сустава ( $p = 0,04$ ), была схожей, микробные ассоциации чаще были причиной ППИ ТБС.

Также установлено негативное влияние Gr(-) возбудителей на эффективность этапа санации монобактериальной ППИ КС: риск рецидива был выше в 7 раз в сравнении с Gr(+) возбудителями (ОР — 7,3; 95% ДИ 1,2–45,9). При локализации монобактериальной инфекции в области ТБС такой зависимости выявлено не было. Аналогичную негативную тенденцию участия Gr(-) патогенов в этиологии ППИ выявили также В. Zmistowski с соавторами, по данным которых, частота рецидивов инфекции, вызванной Gr(-) и Gr(+) возбудителями, составила соответственно 48% и 31% [30].

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Божкова С.А.* — концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста статьи, интерпретация полученных данных.

*Преображенский П.М.* — анализ и интерпретация полученных данных, написание текста статьи.

*Кочиш А.А.* — сбор, статистическая обработка данных, написание текста статьи.

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

*Артюх В.А.* — анализ и интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

*Клиценко О.А.* — статистическая обработка 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.** Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Минздрава России № 056-00055-23-00.

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

**Этическая экспертиза.** Не применима.

## Ограничения исследования

Данное исследование имеет ограничения в силу ретроспективного характера и неравного количества пациентов в группах сравнения. Однако этот недостаток был нивелирован строгими критериями включения в исследование и адекватными статистическими методами обработки данных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало наличие существенных различий в эффективности санирующего этапа двухэтапного лечения пациентов с впервые выявленной перипротезной инфекцией в зависимости от локализации инфекционного очага. Инфекционный процесс в области тазобедренного сустава характеризовался большей частотой рецидивирования по сравнению с коленным суставом. К прогностически неблагоприятным факторам можно отнести участие Gr(-) возбудителей и микробных ассоциаций в этиологии инфекции, наличие свищевого хода и, как следствие, большую длительность операции и объем кровопотери.

Необходимы дальнейшие исследования для выявления полного спектра наиболее значимых факторов риска развития рецидива инфекционного процесса и разработки мер по их возможной модификации или нивелированию их негативного воздействия в зависимости от локализации перипротезной инфекции.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Bozhkova S.A.* — research concept and design, manuscript writing and editing, data analysis and interpretation.

*Preobrazhensky P.M.* — data analysis and interpretation, manuscript writing.

*Kochish A.A.* — data collection and analysis, data statistical processing, manuscript writing.

*Tikhilov R.M.* — research concept, drafting the article.

*Artyukh V.A.* — data analysis and interpretation, manuscript editing.

*Klitsenko O.A.* — data statistical 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.** State budget financing.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

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

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

#### ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES):

- Postler A., Lützner C., Beyer F., Tille E., Lützner J. Analysis of Total Knee Arthroplasty revision causes. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):55. doi: 10.1186/s12891-018-1977-y.
- Boelch S.P., Jakuscheit A., Doerries S., Fraissler L., Hoberg M., Arnholdt J. et al. Periprosthetic infection is the major indication for TKA revision – experiences from a university referral arthroplasty center. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):395. doi: 10.1186/s12891-018-2314-1.
- Premkumar A., Kolin D.A., Farley K.X., Wilson J.M., McLawhorn A.S., Cross M.B. et al. Projected Economic Burden of Periprosthetic Joint Infection of the Hip and Knee in the United States. *J Arthroplasty.* 2021;36(5): 1484-1489.e3. doi: 10.1016/j.arth.2020.12.005.
- Kurtz S.M., Higgs G.B., Lau E., Iorio R.R., Courtney P.M., Parvizi J. Hospital Costs for Unsuccessful Two-Stage Revisions for Periprosthetic Joint Infection. *J Arthroplasty.* 2022;37(2):205-212. doi: 10.1016/j.arth.2021.10.018.
- Rava A., Bruzzone M., Cottino U., Enrietti E., Rossi R. Hip Spacers in Two-Stage Revision for Periprosthetic Joint Infection: A Review of Literature. *Joints.* 2019;7(2):56-63. doi: 10.1055/s-0039-1697608.
- Kini S.G., Gabr A., Das R., Sukeik M., Haddad F.S. Two-stage Revision for Periprosthetic Hip and Knee Joint Infections. *Open Orthop J.* 2016;10:579-588. doi: 10.2174/1874325001610010579.
- Ермаков А.М., Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Тряпичников А.С., Коюшков А.Н. Оценка эффективности двухэтапного хирургического лечения больных с перипротезной инфекцией коленного и тазобедренного суставов. *Гений ортопедии.* 2018;24(3):321-326. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326. Ermakov A.M., Kliushin N.M., Ababkov Yu.V., Triapichnikov A.S., Koiushkov A.N. Efficiency of two-stage revision arthroplasty in management of periprosthetic knee and hip joint infection. *Genij Ortopedii.* 2018;24(3): 321-326. doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-321-326. (In Russian).
- Craig A., King S.W., van Duren B.H., Veysi V.T., Jain S., Palan J. Articular spacers in two-stage revision arthroplasty for prosthetic joint infection of the hip and the knee. *EFORT Open Rev.* 2022;7(2):137-152. doi: 10.1530/EOR-21-0037.
- Ren X., Ling L., Qi L., Liu Z., Zhang W., Yang Z. et al. Patients' risk factors for periprosthetic joint infection in primary total hip arthroplasty: a meta-analysis of 40 studies. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):776. doi: 10.1186/s12891-021-04647-1.
- Kong L., Cao J., Zhang Y., Ding W., Shen Y. Risk factors for periprosthetic joint infection following primary total hip or knee arthroplasty: a meta-analysis. *Int Wound J.* 2017;14(3):529-536. doi: 10.1111/iwj.12640.
- Kunutsor S.K., Whitehouse M.R., Blom A.W., Beswick A.D. INFORM Team. Patient-Related Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Total Joint Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2016;11(3):e0150866. doi: 10.1371/journal.pone.0150866.
- 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.
- Преображенский П.М., Божкова С.А., Каземирский А.В. Расчет индекса коморбидности как фактора риска рецидива перипротезной инфекции после установки спейсера коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(1):7-18. doi: 10.17816/2311-2905-1718. Preobrazhensky P.M., Bozhkova S.A., Kazemirsky A.V. Comorbidity Index as a Risk Factor of Knee PJI Recurrence After Spacer Implantation. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(1):7-18. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1718.
- Zimmerli W., Trampuz A., Ochsner P.E. Prosthetic joint infections. *N Engl J Med.* 2004;351(16):1645-1654. doi: 10.1056/NEJMra040181.
- Charette R.S., Melnic C.M. Two-Stage Revision Arthroplasty for the Treatment of Prosthetic Joint Infection. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(3):332-340. doi: 10.1007/s12178-018-9495-y.
- Lazic I., Scheele C., Pohligh F., von Eisenhart-Rothe R., Suren C. Treatment options in PJI – is two-stage still gold standard? *J Orthop.* 2021;23:180-184. doi: 10.1016/j.jor.2020.12.021.
- Pangaud C., Ollivier M., Argenson J.N. Outcome of single-stage versus two-stage exchange for revision knee arthroplasty for chronic periprosthetic infection. *EFORT Open Rev.* 2019;4(8):495-502. doi: 10.1302/2058-5241.4.190003.
- Palazzo C., Nguyen C., Lefevre-Colau M.M., Rannou F., Poiraudou S. Risk factors and burden of osteoarthritis. *Ann Phys Rehabil Med.* 2016;59(3):134-138. doi: 10.1016/j.rehab.2016.01.006.
- Vina E.R., Kwok C.K. Epidemiology of osteoarthritis: literature update. *Curr Opin Rheumatol.* 2018;30(2): 160-167. doi: 10.1097/BOR.0000000000000479.
- Bae K.J., Chae Y.J., Jung S.J., Gong H.S. Incidence and risk factors for periprosthetic joint infection: A common data model analysis. *Jt Dis Relat Surg.* 2022;33(2):303-313. doi: 10.52512/jdrs.2022.671.
- Rodriguez-Merchan E.C., Delgado-Martinez A.D. Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Primary Total Knee Arthroplasty. *J Clin Med.* 2022;11(20):6128. doi: 10.3390/jcm11206128.
- Xu C., Wang Q., Kuo F.C., Goswami K., Tan T.L., Parvizi J. The Presence of Sinus Tract Adversely Affects the Outcome of Treatment of Periprosthetic Joint Infections. *J Arthroplasty.* 2019;34(6):1227-1232.e2. doi: 10.1016/j.arth.2019.02.040.
- Gabrielli A.S., Wilson A.E., Wawrose R.A., Dombrowski M., O'Malley M.J., Klatt B.A. The presence of a draining sinus is associated with failure of re-implantation during two-stage exchange arthroplasty. *J Bone Jt Infect.* 2022;7(2):55-60. doi: 10.5194/jbji-7-55-2022.
- Bredeche F., Gounot I., Belgaid V., Macabeo C., Rouhana K., Aubrun F. et al. Anemia before reimplantation surgery - An overlooked modifiable risk factor of septic revision knee arthroplasty failure. *SICOT J.* 2020;6:47. doi: 10.1051/sicotj/2020046.

25. Артюх В.А., Божкова С.А., Бояров А.А., Муравьева Ю.В., Кочиш А.А. Эффективность одноэтапного ревизионного эндопротезирования при свищевой форме хронической перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(2):9-22. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22.
- Artyukh V.A., Bozhkova S.A., Boyarov A.A., Muravyova J.V., Kochish A.A. Efficiency of the One-Stage Revision Hip Arthroplasty in Chronic Periprosthetic Joint Infection with Sinus Tract. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(2):9-22. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-2-9-22.
26. Preobrazhensky P., Bozhkova S., Kochish A., Tikhilov R., Kazemirsky A. Comparative analysis of pathogen structure in patients with PJI after primary total hip and knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021;141(11):1963-1969. doi: 10.1007/s00402-021-04139-w.
27. Li H., Fu J., Niu E., Chai W., Xu C., Hao L.B. et al. The risk factors of polymicrobial periprosthetic joint infection: a single-center retrospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):780. doi: 10.1186/s12891-021-04664-0.
28. Efremov K., Benedetti Valentini M., De Maio F., Potenza V., Caterini R. et al. Periprosthetic hip and knee infections: comparison of etiology, perioperative management and costs. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2019;23(2 Suppl):217-223. doi: 10.26355/eurev\_201904\_17496.
29. Paharik A.E., Horswill A.R. The Staphylococcal Biofilm: Adhesins, Regulation, and Host Response. *Microbiol Spectr*. 2016;4(2):10.1128/microbiolspec.VMBF-0022-2015. doi: 10.1128/microbiolspec.VMBF-0022-2015.
30. Zmistowski B., Fedorka C.J., Sheehan E., Deirmengian G., Austin M.S., Parvizi J. Prosthetic joint infection caused by gram-negative organisms. *J Arthroplasty*. 2011;26(6 Suppl):104-108. doi: 10.1016/j.arth.2011.03.044.

#### Сведения об авторах

✉ Кочиш Андрей Александрович — канд. мед. наук  
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
ул. Академика Байкова, д. 8  
e-mail: kochishman@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8573-1096>

Божкова Светлана Анатольевна — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2083-2424>  
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru

Преображенский Петр Михайлович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-9569-1566>  
e-mail: pedrro@yandex.ru

Тихилов Рашид Муртузалиевич — чл.-корр. РАН,  
д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>  
e-mail: rtikhilov@gmail.com

Артюх Василий Алексеевич — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-5087-6081>  
e-mail: artyukhva@mail.ru

Клиценко Ольга Анатольевна — канд. биол. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2686-8786>  
e-mail: olkl@yandex.ru

#### Authors' information

✉ Andrey A. Kochish — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 8, Akademika Baykova str., St. Petersburg,  
195427, Russia  
e-mail: kochishman@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8573-1096>

Svetlana A. Bozhkova — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2083-2424>  
e-mail: clinpharm-rniito@yandex.ru

Petr M. Preobrazhensky — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-9569-1566>  
e-mail: pedrro@yandex.ru

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>  
e-mail: rtikhilov@gmail.com

Vasily A. Artyukh — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-5087-6081>  
e-mail: artyukhva@mail.ru

Olga A. Klitsenko — Cand. Sci. (Biol.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2686-8786>  
e-mail: olkl@yandex.ru



## Среднесрочные результаты лечения перипротезной инфекции с применением спейсеров с углеродным покрытием, импрегнированных серебром

Л.И. Малюченко<sup>1</sup>, Н.С. Николаев<sup>1,2</sup>, В.В. Яковлев<sup>1</sup>, Е.В. Преображенская<sup>1</sup>

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

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

### Реферат

**Актуальность.** Перипротезная инфекция (ППИ) — тяжелое осложнение эндопротезирования. Общеизвестным стандартом лечения ППИ является двухэтапное ревизионное эндопротезирование с применением артикулирующих спейсеров. Поверхность имплантатов — идеальное место для бактериальной адгезии, способствующей образованию зрелой биопленки. Для создания предотвращающего адгезию бактерий барьера необходимо изменить поверхность имплантированного устройства с помощью эффективного покрытия. Способность модифицированного покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода (ДУ ЛЦУ+Ag) ингибировать образование биопленки и обеспечивать эффективное уничтожение бактерий изучалась в нескольких экспериментальных исследованиях. Однако отсутствуют публикации о результатах клинических исследований эффективности таких покрытий.

**Цель исследования** — оценить среднесрочные результаты использования спейсеров с покрытием на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, при лечении перипротезной инфекции коленного и тазобедренного суставов.

**Материал и методы.** Исследование основано на результатах обследования и двухэтапного ревизионного эндопротезирования 144 пациентов с впервые выявленной ППИ коленных (КС) и тазобедренных (ТБС) суставов. Пациенты были разделены на две группы: первую группу составили пациенты с артикулирующим спейсером, покрытым ДУ ЛЦУ+Ag, вторую группу — пациенты, которым был установлен артикулирующий спейсер с антибиотиками. В исследовании использовали анамнестический, клинико-лабораторный, микробиологический, статистический методы. Оценка ближайших результатов выполнялась по шкалам KSS, Harris, ВАШ, EQ-5D-5L через 3 мес. после операции, среднесрочных — через 2 года.

**Результаты.** Исследование подтвердило высокую антибиопленочную активность и безопасность спейсера с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag. В динамике произошло снижение уровня маркеров воспаления в обеих группах. Перед вторым этапом лечения в группах произошло статистически значимое снижение СРБ, прокальцитонина и пресепсина, цитоза и содержания нейтрофилов в суставном пунктате. Частота рецидивов после двухэтапного лечения была статистически значимо ниже в первой группе по сравнению со второй. По шкалам KSS и Harris в среднесрочном периоде результат в первой группе был выше на 20,5 и 7,0 баллов соответственно. Результаты по шкале качества жизни EQ-5D-5L были выше на 10/0,08; по ВАШ выраженность болевого синдрома в первой группе была в 3 раза меньше.

**Заключение.** Использование спейсера с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag позволяет быстрее ликвидировать воспалительный процесс, снизить число рецидивов ППИ, прогнозировать активную защиту поверхности имплантата от колонизации микроорганизмами и формирования микробных биопленок, что в совокупности с медикаментозной антибиотикопрофилактикой обеспечивает хороший лечебно-профилактический эффект в отношении рецидива ППИ.

**Ключевые слова:** эндопротезирование суставов, перипротезная инфекция, имплантат-ассоциированная инфекция, микробные биопленки, антибактериальное покрытие.

**Для цитирования:** Малюченко Л.И., Николаев Н.С., Яковлев В.В., Преображенская Е.В. Среднесрочные результаты лечения перипротезной инфекции с применением спейсеров с углеродным покрытием, импрегнированных серебром. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):14-23. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7997>

Малюченко Леонид Игоревич; e-mail: leonidmalyuchenko@icloud.com

Рукопись получена: 22.03.2023. Рукопись одобрена: 25.10.2023. Статья опубликована онлайн: 09.11.2023.

© Малюченко Л.И., Николаев Н.С., Яковлев В.В., Преображенская Е.В., 2023



## Treating Periprosthetic Joint Infection With Silver-Impregnated Carbon-Coated Spacers: Mid-Term Outcomes

Leonid I. Malyuchenko<sup>1</sup>, Nikolai S. Nikolaev<sup>1,2</sup>, Vadim V. Yakovlev<sup>1</sup>,  
Elena V. Preobrazhenskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary),  
Cheboksary, Russia

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

### Abstract

**Background.** Periprosthetic joint infection (PJI) is a severe complication of arthroplasty. The widely accepted treatment standard for PJI is a two-stage revision arthroplasty involving the articulating spacers. The implant surface provides an ideal environment for bacterial adhesion, facilitating mature biofilm formation. To prevent bacterial adhesion effectively, the surface of the implanted device must be modified with an efficient coating. The ability of a modified coating based on two-dimensional linear carbon chains (2D LCC) with silver (Ag) impregnation to inhibit biofilm formation and provide efficient bacterial eradication has been investigated in several experimental studies. However, there is a lack of publications on clinical studies evaluating the effectiveness of such coatings.

**The aim of the study** — to assess mid-term outcomes of knee and hip PJI treatment using spacers coated with two-dimensional linear carbon chains impregnated with silver.

**Methods.** This study is based on the results of the examination and two-stage revision arthroplasty of 144 patients with newly diagnosed knee and hip PJI. Patients were divided into two groups: the first (main) group received articulating spacers coated with 2D LCC+Ag, while the second (control) group received articulating spacers with antibiotics. Anamnestic, clinical, laboratory, microbiological, and statistical methods were used in this study. The evaluation of short-term results was performed using the KSS, Harris, VAS, and EQ-5D-5L scales at 3 months after surgery, and mid-term results were assessed at 2 years.

**Results.** The study confirmed the high antibiofilm activity and safety of spacers coated with 2D LCC+Ag. Both groups showed a reduction in inflammation markers during treatment. Before the second stage of treatment, both groups experienced a statistically significant decrease in CRP, procalcitonin, and presepsin levels, as well as synovial cytosis and neutrophil content. The frequency of recurrences after two-stage treatment was significantly lower in the first group compared to the second group. In the mid-term period, the first group had higher scores on the KSS and Harris scales by 20.5 and 7.0 points, respectively. Results on the EQ-5D-5L were 10/0.08 points higher, and the intensity of pain according to VAS was three times lower in the first group.

**Conclusion.** The use of spacers coated with 2D LCC+Ag allows for a faster resolution of the inflammatory process, reduces the incidence of PJI recurrences, and predicts active protection of the implant surface from microbial colonization and biofilm formation. This, combined with antibiotic prophylaxis, provides a favorable therapeutic and preventive effect against PJI recurrence.

**Keywords:** arthroplasty, periprosthetic joint infection, implant-associated infection, microbial biofilms, antibacterial coating.

**Cite as:** Malyuchenko L.I., Nikolaev N.S., Yakovlev V.V., Preobrazhenskaya E.V. Treating Periprosthetic Joint Infection With Silver-Impregnated Carbon-Coated Spacers: Mid-Term Outcomes. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):14-23. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7997>.

✉ Leonid I. Malyuchenko; e-mail: [leonidmalyuchenko@icloud.com](mailto:leonidmalyuchenko@icloud.com)

Submitted: 22.03.2023. Accepted: 25.10.2023. Published Online: 09.11.2023.

© Malyuchenko L.I., Nikolaev N.S., Yakovlev V.V., Preobrazhenskaya E.V., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Эндопротезирование суставов в настоящее время признано золотым стандартом лечения пациентов с остеоартрозом III–IV стадий. Преимуществами эндопротезирования являются быстрое купирование болевого синдрома, полноценное восстановление двигательной активности пациента при коротком реабилитационном периоде [1, 2].

Одним из ведущих осложнений эндопротезирования является перипротезная инфекция (ППИ). ППИ — тяжелое осложнение эндопротезирования как для пациента (необходимость в повторных операциях), так и для системы здравоохранения (увеличение длительности госпитализации, высокие экономические затраты) [3]. Частота ППИ после первичного эндопротезирования составляет 0,5–3,0% [4], а при повторных вмешательствах достигает 30% [5, 6, 7].

Фактором, существенно осложняющим течение ППИ, является быстрое формирование бактериальных биопленок на установленных металлоконструкциях [8]. Основная задача при лечении имплантат-ассоциированных инфекций — профилактика развития этих процессов [9].

Общепризнанным стандартом лечения ППИ является двухэтапное ревизионное эндопротезирование с применением артикулирующих спейсеров, как правило, импрегнированных антибиотиками [10]. Используются как спейсеры, компоненты которых изготовлены из одного материала, чаще всего полиметилметакрилата (ПММА), так и комбинированные (цемент-металлические, цемент-полиэтиленовые, цемент-керамические и т.д.)

ПММА используется как матрица для обеспечения депо антибиотика [10, 11]. Предпринимаются попытки включить в состав ПММА антисептики или частицы галогенов, металлов с антимикробной активностью (серебро, цинк, медь и др.), но таких работ крайне мало [12, 13]. Поскольку у микроорганизмов не формируется резистентность к таким веществам, обладающим широким спектром бактерицидной активности, создание новых антимикробных покрытий компонентов эндопротеза является перспективным направлением в лечении инфекционных осложнений эндопротезирования суставов с применением спейсеров [14, 15].

Поверхность имплантатов — идеальное место для бактериальной адгезии, способствующей образованию зрелой биопленки [16]. Для создания предотвращающего адгезию бактерий барьера необходимо изменить поверхность имплантированного устройства или материала либо напрямую, либо с помощью эффективного покрытия [17].

Способность модификации поверхности имплантата минимизировать бактериальную адгезию, ингибировать образование биопленки и обеспечивать эффективное уничтожение бактерий

для защиты имплантированных биоматериалов изучалась в нескольких исследованиях. Некоторые авторы показали низкую эффективность использования алмазоподобных покрытий, содержащих сочетание sp<sup>2</sup>- и sp<sup>3</sup>-углеродных высокоэнергетических связей, ограничивающую их применение в травматологии и ортопедии [18, 19]. Результаты других исследований выявили преимущества покрытий на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода (ДУ ЛЦУ) в силу особенностей их структуры — хорошую адгезию к поверхности металлических имплантатов, прочность, биологическую совместимость [20]. Д.В. Тапальский с соавторами выполнили многоцентровое исследование, целью которого была оценка антибактериальной активности и биологической совместимости покрытий металлоконструкций на основе ДУ ЛЦУ. Результаты исследования показали, что покрытия на основе ДУ ЛЦУ+Ag обеспечивают выраженный поверхностный бактерицидный эффект и обладают способностью предотвращать формирование микробных биопленок на металлических поверхностях. Покрытия на основе ДУ ЛЦУ безопасны, они не вызывают цитотоксических эффектов [21].

Однако в литературе отсутствуют публикации о результатах клинических исследований эффективности покрытий на основе ДУ ЛЦУ.

*Цель исследования* — оценить среднесрочные результаты использования спейсеров с покрытием на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, при лечении перипротезной инфекции крупных суставов нижних конечностей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Выполнено открытое проспективное когортное рандомизированное исследование.

Исследование выполнялось в Центре с 2017 по 2021 г. и было основано на результатах обследования и оперативного лечения пациентов с впервые выявленной ППИ коленных (КС) и тазобедренных (ТБС) суставов.

*Критерием включения* пациентов в исследование служил подтвержденный случай ППИ по критериям Международной согласительной конференции по перипротезной инфекции 2013 г. [22].

*Критериями невключения* являлись возраст пациента менее 18 лет, беременность, отказ пациента участвовать в исследовании на любой стадии исследования.

После применения критериев включения и невключения для исследования были отобраны 144 пациента: 82 — с ППИ ТБС и 62 пациента с ППИ КС, в том числе 71 женщина (49,3%) и 73 мужчины (50,7%).

Пациенты были рандомизированы на две группы методом генерации случайных чисел с использованием программы Excel.

В первой группе пациентам устанавливали артикулирующий спейсер с покрытием двумерно упорядоченным линейно-цепочечным углеродом, легированным серебром (ДУ ЛЦУ+Ag). Во второй группе пациентов использовали традиционный артикулирующий спейсер с антибиотиками (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема исследования

Fig. 1. Study flowchart

Пациенты обеих групп были сопоставимы по полу и возрасту (табл. 1).

В ходе исследования осуществляли тщательный сбор анамнеза с целью выявления сопутствующей патологии и возможных факторов риска, которые предположительно могли стать причиной развития ППИ. Проведен анализ наиболее часто встречающейся соматической патологии.

Лечение ППИ проводилось методом двухэтапного ревизионного эндопротезирования. Цель первого этапа — санация сустава с использованием спейсера в сочетании с механической обработкой патологических тканей. На втором этапе после купирования инфекции и оценки клинико-лабораторных показателей производилась установка постоянного эндопротеза. Все пациенты получали эмпирическую или этиотропную анти-

биотикотерапию по результатам определения антибиотикочувствительности выделенного из очага патогена.

### Оценка результатов

Сравнительная оценка болевого синдрома и лабораторных показателей (уровень СРБ, СОЭ, Д-димер) в первой и второй группах проводилась до и после лечения, оценка функции суставов на основе функциональных оценочных шкал выполнялась отдельно по тазобедренному и коленному суставам.

Интервал между двумя этапами ревизионного протезирования оценивался в днях и в первой группе пациентов был статистически значимо ниже, чем во второй, — 64,5 (53–103) дней; во второй группе — 78 (63,5–111,0) дней,  $p = 0,010$ .

После проведенного лечения проводилась сравнительная оценка выраженности болевого синдрома, качества жизни, функции суставов (на основе оценочных шкал) и лабораторных показателей (уровень СРБ, СОЭ, прокальцитонина, пресепсина, цитоз и содержание нейтрофилов в суставном пункте перед I и II этапами лечения). Оценка среднесрочных функциональных результатов лечения проводилась через 2 года после проведенного лечения по шкалам KSS, Harris, ВАШ боли, EQ-5D-5L.

### Статистический анализ

При статистической обработке данных рассчитывали среднее и стандартное отклонение ( $M \pm \sigma$ ). При отсутствии нормального распределения либо ранговых данных определяли медиану (Me), верхний и нижний квартили — Q1–Q3.

Статистическую значимость различий между данными при нормальном распределении оценивали по t-критерию Стьюдента, а при отсутствии нормального распределения и для ранговых данных — по непараметрическому критерию Манна–Уитни, различия в динамике оценивали по критерию Вилкоксона. Для качественных данных оценка различий проводилась по критерию  $\chi^2$ . Статистический анализ проводили в программе Statistica for Windows 10.0, данные считали статистически значимыми при вероятности ошибки ( $p$ ) менее 0,05.

Таблица 1

Распределение пациентов по полу и возрасту

Показатель	Первая группа		Вторая группа		p
	абс.	%	абс.	%	
Мужчины	35	48,6	38	52,8	0,617
Женщины	37	51,4	34	47,2	0,617
Средний возраст, лет Me (Q1–Q3)	63,5 (57,5–70,0)		62,0 (54,5–69,0)		0,500

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

По исходным показателям общего анализа крови группы исследования между собой не различались. Исходные показатели маркеров воспаления также были сопоставимы, однако в обеих группах в динамике произошло их снижение. Уровень СРБ

был ниже в первой группе, уровни прокальцитонина и пресепсина были сопоставимы. Произошла нормализация цитоза и числа нейтрофилов в суставном пунктате в обеих группах, все полученные значения находились в пределах референсного интервала (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты лабораторного обследования пациентов перед I и II этапами лечения**

Показатель	Срок обследования	Первая группа (n = 72)	Вторая группа (n = 72)	p
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	Перед I этапом	7,9 (7,0–9,8)	8,5 (7,1–10,3)	0,287
	Перед II этапом	6,5 (5,9–8,0)*	7,2 (5,8–8,6)*	0,275
СОЭ, мм/ч	Перед I этапом	46,5 (29,5–69,5)	43,0 (25,5–73,5)	0,694
	Перед II этапом	20,5 (12,0–32,0)*	18,0 (10,0–34,0)*	0,379
Гемоглобин, г/л	Перед I этапом	121,0 (112,0–132,0)	122,0 (110,0–140,5)	0,361
	Перед II этапом	121,0 (111,0–130,0)	124,0 (113,5–136,0)	0,145
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	Перед I этапом	4,3 (4,0–4,7)	4,45 (4,1–4,8)	0,210
	Перед II этапом	4,4 (3,9–4,9)	4,4 (4,2–4,9)	0,225
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$	Перед I этапом	316,5 (275,5–385,5)	337,5 (283,0–420,5)	0,266
	Перед II этапом	270,5 (232,0–314,0)	267,0 (222,0–330,5)	0,951
СРБ, мг/л	Перед I этапом	17,6 (7,9–73,5)	39,1 (12,7–71,3)	0,082
	Перед II этапом	5,0 (2,6–8,2)*	5,0 (4,5–11,8)*	0,029
Прокальцитонин, нг/мл	Перед I этапом	0,032 (0,02–0,076)	0,04 (0,02–0,0655)	0,414
	Перед II этапом	0,02 (0,02–0,032)*	0,023 (0,02–0,04)	0,09
Пресепсин, пг/мл	Перед I этапом	300,0 (204,5–300,0)	300,0 (250,0–448,0)	0,055
	Перед II этапом	190,0 (150,0–191,0)	200,0 (200,0–200,0)	0,085
Цитоз, кл. $\times 10^3/\text{л}$	Перед I этапом	17500,0 (4312,5–49250,0)	15000,0 (5370,0–45500,0)	0,881
	Перед II этапом	382,5 (110,0–1100,0)*	300,0 (150,0–814,0)*	0,921
Нейтрофилы, %	Перед I этапом	93,0 (88,5–95,0)	92,0 (88,5–95,0)	0,854
	Перед II этапом	12,0 (12,0–48,0)*	12,0 (12,0–70,0)*	0,885

\* Различия в динамике по критерию Вилкоксона при  $p < 0,05$ .

Частота рецидивов после I этапа лечения в первой группе составила 2,8% (2 из 72) по сравнению с 11,1% (8 из 72) во второй группе ( $p = 0,049$ ). Рецидивов после II этапа в первой группе не было, и значения остались прежними — 2,8% (2 из 72) против 20,8% (15 из 72) во второй группе ( $p < 0,001$ ).

Функциональное состояние и уровень болевого синдрома при равных исходных показателях после II этапа лечения ППИ и в среднесрочном послеоперационном периоде были более благополучными в первой группе. Нами был проведен анализ болевого синдрома среди лиц, не имеющих рецидива ППИ. Оказалось, что среднесрочные результа-

ты были лучше в первой группе и в этом случае. В группах также проведена оценка качества жизни по опроснику EQ-5D-5L. Тестирование после проведенного лечения показало, что результаты были лучше в первой группе, чем во второй, по 100-балльной шкале EQ-VAS общего самочувствия и интегральной оценке EQ-5D-5L (табл. 3).

Положительная динамика лабораторных показателей сопровождалась и улучшением функции суставов. Через 2 года после окончания лечения в первой группе функция сустава по шкале Harris у пациентов после протезирования ТБС и по шкале KSS у больных после замены КС была лучше, чем во второй группе (табл. 4, 5).

Таблица 3

**Среднесрочные результаты по опроснику EQ-5D-5L у пациентов без рецидива ППИ**

Показатель	Первая группа (n = 70)	Вторая группа (n = 57)
EQ-5D-5L, доля	0,88 (0,84–1,00)	0,80 (0,64–0,88)
EQ-VAS, баллы	90,00 (90,00–95,00)	80,00 (70,00–90,00)

$p < 0,001$ .

Таблица 4

**Функциональное состояние тазобедренного сустава по шкале Harris у пациентов с ППИ**

Срок наблюдения	Первая группа	Вторая группа	p
Перед I этапом	28,0 (23,0–37,0)	28,0 (20,0–42,0)	0,286
Перед II этапом	38,0 (31,5–41,0)	37,0 (31,3–40,0)	0,818
Через 2 года после II этапа	91,0 (87,0–93,3)	84,0 (77,5–87,0)	<0,001

Таблица 5

**Функциональное состояние коленного сустава по шкале KSS у пациентов с ППИ**

Оценочная шкала	Срок наблюдения	Первая группа	Вторая группа	p
KSS Knee Score, баллы	Перед I этапом	32 (32–35)	32 (32–35)	0,946
	Перед II этапом	50 (37–50)	45 (31–45)	0,046
	Через 2 года после II этапа	90 (74–95)	70 (30–84)	0,002
KSS Functional Score, баллы	Перед I этапом	30 (30–30)	30 (30–30)	0,966
	Перед II этапом	35 (35–45)	35 (35–35)	0,047
	Через 2 года после II этапа	75 (71–95)	65 (47–83)	0,005

Уровень болевого синдрома перед I и II этапами лечения в первой и во второй группах был сопоставим (табл. 6). Однако среднесрочные результаты были значительно лучше в первой группе.

По итогам микробиологического исследования образцов биологического материала возбудитель

не установлен у 21 пациента (14,6%), у 6 пациентов (4,2%) выделено несколько видов микроорганизмов. Значительную долю занимали стафилококки, в том числе *S. aureus* (27,6%) и коагулазонегативные стафилококки (38,3%), в 13% случаев высевались стрептококки (табл. 7).

Таблица 6

**Показатели боли по ВАШ**

Срок наблюдения	Первая группа	Вторая группа	p
Перед I этапом	8,0 (7,0–8,5)	8,0 (7,0–9,0)	0,532
Перед II этапом	5,0 (4,0–6,0)	5,0 (5,0–6,0)	0,137
Через 2 года после II этапа	1,0 (1,0–2,0)	3,0 (1,0–4,0)	<0,001

Таблица 7

**Результаты микробиологического исследования синовиальной жидкости, тканевых биоптатов и смывов с удаленных компонентов эндопротеза**

Микроорганизм	Положительные результаты	
	n	%
Анаэробы	2	1,6
Грамотрицательные микроорганизмы	10	8,0
Коагулазонегативные стафилококки	41	33,3
<i>Staphylococcus aureus</i>	34	27,6
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	13	10,6
<i>Staphylococcus hemolyticus</i>	1	0,8
<i>Staphylococcus lugdunensis</i>	3	2,4
<i>Staphylococcus warneri</i>	1	0,8
<i>Streptococcus</i> sp.	16	13,0
<i>Corynebacterium striatum</i>	2	1,6
Всего	123	100,0

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Исследование показало статистически значимое снижение частоты рецидивов инфекции после применения покрытия на основе ДУ ЛЦУ+Ag по сравнению с результатами во второй группе. Необходимо отметить, что в большинстве исследований отмечалось абсолютное снижение частоты рецидивов в 1,5–2,0 раза, не имеющее при этом статистической значимости. Данный факт можно объяснить небольшим количеством наблюдений. Это подтверждается результатами метаанализа, выполненного М. Fiore с соавторами. Анализ исследований показал, что частота инфекций после ревизий составила 13,7% в группе пациентов, которым имплантировали эндопротезы с серебросодержащим покрытием, и 29,2% — при использовании эндопротеза без покрытия, что свидетельствует об эффективности серебросодержащих покрытий в предотвращении инфекций ( $p = 0,019$ ) [23].

В нашем исследовании частота рецидивов во второй группе составила 20,8%, что сопоставимо с данными литературы. Так, В.В. Павлов с соавторами сообщают о 19,5% рецидивов при лечении пациентов с ППИ ТБС и КС [24]. В работе В.А. Иванцова с соавторами сообщается о 14,4% неудовлетворительных результатов при лечении ППИ КС [25]. Частота рецидивов ППИ ТБС в исследовании F. Schwolow с соавторами составила 14,4% при среднем сроке наблюдения 8 лет [26]. По данным А.С. Steinicke с соавторами, безрецидивная выживаемость эндопротезов КС и ТБС составила 77% (95% ДИ 64–89) через 1 год и 38% (95%

ДИ 18–57) — через 5 лет [27]. В ходе данного исследования всем пациентам была выполнена стандартная двухэтапная ревизия эндопротеза. Одним из факторов, объясняющих разброс в доле рецидивов в исследованиях, могут служить различные сроки наблюдения.

При использовании нового покрытия в нашем исследовании достигнуты более низкие уровни содержания лейкоцитов, нейтрофилов и частота рецидивов в первой группе пациентов. Это свидетельствует об эффективном купировании инфекционного процесса. Т. Shirai с соавторами наблюдали меньшую выраженность воспалительного процесса у пациентов с использованием спейсера с йодным покрытием [28].

Использование нового покрытия может отразиться и на таких показателях, как функция сустава и болевой синдром. Лучшие результаты функции коленного и тазобедренного суставов (референсные значения цитоза и содержания нейтрофилов в пунктате, уменьшение значений маркеров воспаления в крови) после второго этапа санации наблюдались в первой группе. Это свидетельствует об ускоренном купировании инфекции при использовании легированного серебром углеродного покрытия, лучшей биологической совместимости в сравнении со спейсерами без покрытия, что в конечном итоге может положительно отразиться на функции суставов. При применении спейсеров с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag функция суставов по шкале Харриса и шкале KSS была лучше, а болевой синдром менее выраженным, чем во второй группе [29, 30].

Эффективность лечения ППИ подтверждается с повышением качества жизни пациентов. Так, J.L. Cahill с соавторами сообщили, что пациенты, у которых ППИ разрешилась, имели более высокий балл по шкалам качества жизни и ВАШ в сравнении с пациентами, у которых наблюдался рецидив ППИ [31]. Снижение качества жизни при развитии ППИ подтверждается и результатами исследования N.R. Poulsen с соавторами, в котором у пациентов с рецидивом ППИ было худшее качество жизни, чем у пациентов с разрешением ППИ после двухэтапной ревизии [32]. Наше исследование показало аналогичные результаты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование спейсера с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag позволяет быстрее ликвидировать воспалительный процесс, достичь более низких показателей содержания нейтрофилов и СРБ в крови, цитоза и содержания нейтрофилов в суставном пунктате, снизить число рецидивов ППИ КС и ТБС.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Малюченко Л.И.* — концепция или дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи.

*Николаев Н.С.* — концепция исследования, редактирование текста статьи.

*Яковлев В.В.* — сбор и обработка данных, редактирование текста статьи

*Преображенская Е.В.* — концепция и дизайн, 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.** Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (World Medical Association Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации» (Приказ Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266). Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России (г. Чебоксары), протокол № 1 от 16 января 2017 г.

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

Более быстрая и эффективная ликвидация ППИ при использовании спейсера с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag способствует и улучшению функционирования протеза. У этих пациентов группы достигнуты лучшие результаты функции КС и ТБС, качества жизни по опроснику EQ-5D-5L, более низкий болевой синдром по шкале ВАШ.

Оценка среднесрочных результатов лечения ППИ дает основания прогнозировать активную защиту поверхности имплантата от колонизации микроорганизмами и формирования микробных биопленок, что вкупе с медикаментозной антибиотикопрофилактикой обеспечивает хороший лечебно-профилактический эффект в отношении рецидива перипротезной инфекции. С целью изучения отдаленных результатов применения спейсеров с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag исследование планируется продолжить.

Полученные результаты подтверждают обоснованность более широкого использования спейсеров с покрытием на основе ДУ ЛЦУ+Ag для лечения ППИ с учетом потребности в ревизионных операциях.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Malyuchenko L.I.* — study concept and design, literature search and analysis, writing the article.

*Nikolaev N.S.* — study concept, drafting the article.

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

*Preobrazhenskaya E.V.* — study concept and design, 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.** The study was conducted in accordance with the principles of the Helsinki Declaration (World Medical Association Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013) and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» (Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated June 19, 2003, No. 266). The conduct of the study was approved by the local ethics committee of the federal center of traumatology, orthopedics and arthroplasty of the Ministry of Health of Russia, Cheboksary, with Protocol No. 1 dated January 16, 2017.

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Bilgen S., Eken G. Surgical site infection after total knee arthroplasty: a descriptive study. *Int Multispecialty J Heal.* 2016;2(2). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/301520334\\_Surgical\\_Site\\_Infection\\_After\\_Total\\_Knee\\_Arthroplasty\\_A\\_Descriptive\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/301520334_Surgical_Site_Infection_After_Total_Knee_Arthroplasty_A_Descriptive_Study).
2. Niemeläinen M.J., Mäkelä K.T., Robertsson O., W-Dahl A., Furnes O., Fenstad A.M. et al. Different incidences of knee arthroplasty in the Nordic countries. *Acta Orthop.* 2017;88(2):173-178. doi: 10.1080/17453674.2016.1275200.
3. Tande A.J., Patel R. Prosthetic joint infection. *Clin Microbiol Rev.* 2014;27(2):302-345. doi: 10.1128/CMR.00111-13.
4. Fuchs M., von Roth P., Pfitzner T., Kopf S., Sass F.A., Hommel H. Contamination of irrigation fluid during primary total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2018;2(5):e027. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-17-00027.
5. Grammatopoulos G., Kendrick B., McNally M., Athanasou N.A., Atkins B., McLardy-Smith P. et al. Outcome Following Debridement, Antibiotics, and Implant Retention in Hip Periprosthetic Joint Infection—An 18-Year Experience. *J Arthroplasty.* 2017;32(7):2248-2255. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.066.
6. Jhan S.W., Lu Y.D., Lee M.S., Lee C.H., Wang J.W., Kuo F.C. The risk factors of failed reimplantation arthroplasty for periprosthetic hip infection. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):255. doi: 10.1186/s12891-017-1622-1.
7. Akgün D., Müller M., Perka C., Winkler T. An often-unrecognized entity as cause of recurrent infection after successfully treated two-stage exchange arthroplasty: hematogenous infection. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(9):1199-1206. doi: 10.1007/s00402-018-2972-3.
8. Koseki H., Yonekura A., Shida T., Yoda I., Horiuchi H., Morinaga Y. et al. Early staphylococcal biofilm formation on solid orthopaedic implant materials: in vitro study. *PLoS One.* 2014;9(10):e107588. doi: 10.1371/journal.pone.0107588.
9. Zimmerli W., Moser C. Pathogenesis and treatment concepts of orthopaedic biofilm infections. *FEMS Immunol Med Microbiol.* 2012;65(2):158-168. doi: 10.1111/j.1574-695X.2012.00938.x.
10. Шпиняк С.П., Барабаш А.П., Лясникова А.В. Применение спейсеров в лечении инфекционных осложнений тотального эндопротезирования коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования.* 2015;5. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21443>. (дата обращения: 22.03.2023).  
Shpinyak S.P., Barabash A.P., Lyasnikova A.V. The use of spacers in the treatment of infectious complications of total knee arthroplasty. *Modern problems of science and education.* 2015;5. (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21443>. (date of the application: 22.03.2023).
11. Комаров Р.Н., Новиков А.В., Митрофанов В.Н., Акулов М.М., Короткин А.А. Применение спейсеров в лечении периимплантной инфекции после эндопротезирования тазобедренного сустава. *Современные проблемы науки и образования.* 2014;5. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14954>. (дата обращения: 22.03.2023).  
Komarov R.N., Novikov A.V., Mitrofanov V.N., Akulov M.M., Korytkin A.A. The use of spacers during peri-implant infection after hip arthroplasty. *Modern problems of science and education.* 2014;5. (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14954>. (date of the application: 22.03.2023).
12. Leung D., Spratt D.A., Pratten J., Gulabivala K., Mordan N.J., Young A.M. Chlorhexidine-releasing methacrylate dental composite materials. *Biomaterials.* 2005;26(34):7145-7153. doi: 10.1016/j.biomaterials.2005.05.014.
13. Evans A., Kavanagh K.A. Evaluation of metal-based antimicrobial compounds for the treatment of bacterial pathogens. *J Med Microbiol.* 2021;70(5):001363. doi: 10.1099/jmm.0.001363.
14. Ермаков А.М., Ключин Н.М., Абабков Ю.В., Тряпичников А.С., Коюшков А.Н. Одноэтапное ревизионное эндопротезирование при лечении перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Гений ортопедии.* 2019;25(2):172-179. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-172-179.  
Ermakov A.M., Klyushin N.M., Ababkov Yu.V., Triapichnikov A.S., Koiushkov A.N. One-stage revision arthroplasty for management of periprosthetic hip infection. *Genij Ortopedii.* 2019;25(2):172-179. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-172-179.
15. Kose N., Otuzbir A., Pekşen C., Kiremitçi A., Doğan A. A silver ion-doped calcium phosphate-based ceramic nanopowder-coated prosthesis increased infection resistance. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(8):2532-2539. doi: 10.1007/s11999-013-2894-x.
16. Arciola C.R., Campoccia D., Speziale P., Montanaro L., Costerton J.W. Biofilm formation in Staphylococcus implant infections. A review of molecular mechanisms and implications for biofilm-resistant materials. *Biomaterials.* 2012;33(26):5967-5982. doi: 10.1016/j.biomaterials.2012.05.031.
17. Bazaka K., Jacob M.V., Crawford R.J., Ivanova E.P. Efficient surface modification of biomaterial to prevent biofilm formation and the attachment of microorganisms. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2012;95:299-311. doi: 10.1007/s00253-012-4144-7.
18. Grill A., Meyerson B.S. Development and status of diamond-like carbon. In: *Synthetic Diamond: Emerging CVD Science and Technology.* Ed. by K.E. Spear, J.P. Dismukes. New York: Wiley; 1994. p. 91-141.
19. Казбанов В.В., Баталов М.С., Вишневецкий А.А. Особенности биосовместимости и перспективы применения титановых имплантатов с алмазоподобными покрытиями на основе модифицированного углерода. Проблемы здоровья и экологии. 2015;(2):16-23. doi: 10.51523/2708-6011.2015-12-2-4.  
Kazbanov V.V., Batalov M.S., Vishnevsky A.A. The peculiarities of biocompatibility and potential applications of titanium implants with diamond-like coatings based on modified carbon. *Health Ecology Issues.* 2015;(2):16-23. (In Russian). doi: 10.51523/2708-6011.2015-12-2-4.
20. Бабаев В.Г., Новиков Н.Д., Гусева М.Б., Хвостов В.В., Савченко Н.Ф., Коробова Ю.Г. и др. Пленки линейно-цепочечного углерода — упорядоченные ансамбли квантовых нитей — материал для наноэлектроники. *Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век.* 2010;2(1):53-68.

- Babaev V.G., Novikov N.D., Guseva M.B., Khvostov V.V., Savchenko N.F., Korobova Yu.G. et al. Films of linear-chain carbon — ordered ensembles of quantum wires — material for nanoelectronics. *Nanotechnology: development and applications — XXI century*. 2010;2(41):53-68. (In Russian).
21. Тапальский Д.В., Николаев Н.С., Овсянкин А.В., Кочаков В.Д., Головина Е.А., Матвеевков М.В. и др. Покрытия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):111-120. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120. Tapal'skii D.V., Nikolaev N.S., Ovsyankin A.V., Kochakov V.D., Golovina E.A., Matveenkov M.V. et al. Coatings based on two-dimensionally ordered linear chain carbon for protection of titanium implants from microbial colonization. *Traumatology and Orthopedics in Russia*. 2019;25(2):111-120. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120.
  22. 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.
  23. Fiore M., Sambri A., Zucchini R. et al. Silver-coated megaprosthesis in prevention and treatment of periprosthetic infections: a systematic review and meta-analysis about efficacy and toxicity in primary and revision surgery. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2021;31:201-220. doi: 10.1007/s00590-020-02779-z.
  24. Павлов В.В., Петрова Н.В., Шералиев Т.У. Среднесрочные результаты двухэтапного лечения перипротезной инфекции. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):109-116. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-109-116. Pavlov V.V., Petrova N.V., Sheraliev T.U. Two-stage treatment of periprosthetic infection: mid-term results. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(4):109-116. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-4-109-116.
  25. Иванцов В.А., Лашковский В.В., Богданович И.П., Лазаревич С.Н. Лечение глубокой перипротезной инфекции коленного сустава. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2018; 16(1):96-100. doi: 10.25298/2221-8785-2018-16-1-96-100. Ivantsov V.A., Lashkovsky V.V., Bogdanovich I.P., Lazarevich S.N. Treatment of deep periprosthetic infection of knee joint. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2018;16(1):96-100. doi: 10.25298/2221-8785-2018-16-1-96-100.
  26. Schwolow F., Füchtmeier B., Müller F. Factors associated with infection recurrence after two-stage exchange for periprosthetic hip infection. *Int Orthop*. 2022;46(5): 953-961. doi: 10.1007/s00264-022-05333-0.
  27. Steinicke A.C., Schwarze J., Gosheger G., Moellenbeck B., Ackmann T., Theil C. Repeat two-stage exchange arthroplasty for recurrent periprosthetic hip or knee infection: what are the chances for success? *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(4):1731-1740. doi: 10.1007/s00402-021-04330-z.
  28. Shirai T., Tsuchiya H., Terauchi R., Tsuchida S., Mizoshiri N., Mori Y. et al. A retrospective study of antibacterial iodine-coated implants for postoperative infection. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(45):e17932. doi: 10.1097/MD.0000000000017932.
  29. Kim D.Y., Seo Y.C., Kim C.W., Lee C.R., Jung S.H. Factors affecting range of motion following two-stage revision arthroplasty for chronic periprosthetic knee infection. *Knee Surg Relat Res*. 2022;34(1):33. doi: 10.1186/s43019-022-00162-2.
  30. Golgelioglu F., Oguzkaya S., Misir A., Guney A. The effect of time spent with a dynamic spacer on clinical and functional outcomes in two-stage revision knee arthroplasty. *Indian J Orthop*. 2020;54(6):824-830. doi: 10.1007/s43465-020-00247-8.
  31. Cahill J.L., Shadbolt B., Scarvell J.M., Smith P.N. Quality of life after infection in total joint replacement. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2008;16(1):58-65. doi: 10.1177/230949900801600115.
  32. Poulsen N.R., Mechlenburg I., Søballe K., Lange J. Patient-reported quality of life and hip function after 2-stage revision of chronic periprosthetic hip joint infection: a cross-sectional study. *Hip Int*. 2018;28(4):407-414. doi: 10.5301/hipint.5000584.

#### Сведения об авторах

✉ Малюченко Леонид Игоревич

Адрес: Россия, 428020, г. Чебоксары, ул. Федора Гладкова, д. 33

<https://orcid.org/0000-0003-4199-7954>

e-mail: leonidmalyuchenko@icloud.com

Николаев Николай Станиславович — д-р мед. наук, профессор

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

e-mail: nikolaevns@mail.ru

Яковлев Вадим Валерьевич

<https://orcid.org/0000-0002-3467-1959>

e-mail: yvv-doc@mail.ru

Преображенская Елена Васильевна

<https://orcid.org/0000-0003-3556-145X>

e-mail: alenka\_22@bk.ru

#### Authors' information

✉ Leonid I. Malyuchenko

Address: 33, Fedora Gladkova Cheboksary str., 428020, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-4199-7954>

e-mail: leonidmalyuchenko@icloud.com

Nikolai S. Nikolaev — Dr. Sci. (Med.), Professor

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

e-mail: nikolaevns@mail.ru

Vadim V. Yakovlev

<https://orcid.org/0000-0002-3467-1959>

e-mail: yvv-doc@mail.ru

Elena V. Preobrazhenskaya

<https://orcid.org/0000-0003-3556-145X>

e-mail: alenka\_22@bk.ru



## Результаты артроскопического лечения пациентов с фемороацетабулярным импинджментом в зависимости от типа деформации тазобедренного сустава

О.Е. Богопольский, П.В. Филонов, Р.М. Тихилов

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

### Реферат

**Актуальность.** Фемороацетабулярный импинджмент (ФАИ) является одной из наиболее частых причин болевого синдрома и ограничения подвижности в тазобедренном суставе (ТБС) у лиц молодого и среднего возраста.

**Цели исследования:** 1) оценить влияние типа деформации тазобедренного сустава у пациентов с фемороацетабулярным импинджментом на результат лечения; 2) выявить тип деформации тазобедренного сустава, который является оптимальным для коррекции с использованием артроскопии; 3) определить влияние строения вертлужной впадины в условиях пограничной дисплазии на результат лечения.

**Материал и методы.** Выполнено ретроспективное неконтролируемое одноцентровое исследование, в которое вошел 121 пациент (135 тазобедренных суставов), в том числе 49 (40,5%) женщин и 72 (59,5%) мужчины. Пациенты были разделены на 4 группы по типу деформации. В группу 1 включено 33 (24,4%) сустава с *cam*-типом ФАИ, в группу 2 — 72 (53,4%) сустава с *mixed*-типом, в группу 3 — 17 (12,6%) суставов с дисплазией (LCEA-O<25°) и *cam*-типом деформации головки, в группу 4 — 13 (9,6%) суставов с сочетанием дисплазии, *cam*-типа деформации и ретроверсии вертлужной впадины. Всем пациентам выполняли физикальное обследование и лучевую диагностику. У пациентов с пограничной дисплазией дополнительно оценивали версию вертлужной впадины. Для оценки предоперационного статуса и послеоперационных результатов использовали шкалы iHOT-33 и HOS.

**Результаты.** Лучший результат лечения достигнут в группе 1 пациентов, что статистически значимо отличалось от результата в группе 3. Результаты лечения пациентов в группе 2 не имели статистически значимых отличий от группы 1 по опроснику HOS, однако отличались по шкале iHOT-33. Результаты лечения пациентов в группе 4 почти не отличались по шкале iHOT-33 от группы 1 и по шкале HOS от группы 2. В группе 3 по подшкале HOS-Sport статистически значимый результат был достигнут только у 30% пациентов, в то время как в остальных группах он был не ниже 58%. Остальные шкалы показали незначительное превосходство результатов лечения в группах 1 и 4 по сравнению с группами 2 и 3. В первые годы после операции все группы пациентов показывали существенное улучшение спортивной активности, однако спустя 2 года у пациентов групп 2 и 3 наблюдалась тенденция к снижению.

**Заключение.** Лучшие результаты артроскопического лечения показали пациенты группы 1 с изолированным *cam*-типом деформации. Несколько хуже пациенты группы 2 (с *mixed*-типом). У пациентов с пограничной дисплазией эффективность артроскопии зависит от строения передней стенки вертлужной впадины. Наихудший результат наблюдается у пациентов с пограничной дисплазией и недостаточно развитой передней стенкой вертлужной впадины — при их лечении стоит отдать предпочтение изолированной периацетабулярной остеотомии или в комбинации с артроскопией.

**Ключевые слова:** фемороацетабулярный импинджмент, артроскопия, дисплазия вертлужной впадины, ретроверсия вертлужной впадины.

**Для цитирования:** Богопольский О.Е., Филонов П.В., Тихилов Р.М. Результаты артроскопического лечения пациентов с фемороацетабулярным импинджментом в зависимости от типа деформации тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):24-34. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15530>.

Богопольский Олег Евгеньевич; e-mail: 9202211@gmail.com

Рукопись получена: 23.08.2023. Рукопись одобрена: 23.10.2023. Статья опубликована онлайн: 17.11.2023.

© Богопольский О.Е., Филонов П.В., Тихилов Р.М., 2023



## Results of Arthroscopic Treatment of Patients With Femoroacetabular Impingement Depending on the Type of Hip Deformity

Oleg E. Bogopolskiy, Pavel V. Filonov, Rashid M. Tikhilov

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

### Abstract

**Background.** Femoroacetabular impingement (FAI) is one of the most common causes of pain syndrome and limited mobility in the hip joint among young and middle-aged individuals.

**The aims of this study:** 1) To evaluate the impact of the type of hip joint deformity in patients with FAI on treatment outcomes; 2) To identify the type of hip joint deformity that is optimal for correction using arthroscopy; 3) To determine the impact of the acetabular structure in conditions of borderline dysplasia on the treatment outcome.

**Methods.** A retrospective uncontrolled single-center study was conducted, including 121 patients (135 hip joints), among them 49 (40.5%) women and 72 (59.5%) men. Patients were divided into four groups based on the type of deformity. The first group included 33 (24.4%) joints with cam-type FAI, the second group — 72 (53.4%) joints with mixed-type, the third group — 17 (12.6%) joints with dysplasia (LCEA-O<25°) and cam-type deformity of the femoral head-neck junction, and the fourth group — 13 (9.6%) joints with a combination of dysplasia, cam-type deformity, and retroversion of the acetabulum. All patients underwent physical examination and radiographic diagnostics. In patients with borderline dysplasia, the version of the acetabulum was additionally assessed. The iHOT-33 and HOS scales were used to evaluate the preoperative status and postoperative results.

**Results.** The best treatment outcome was achieved in the first group of patients, which was statistically significantly different from the results in the third group. The treatment outcomes in the second group of patients did not show statistically significant differences from the first group according to the HOS questionnaire, but differed according to the iHOT-33 scale. The treatment outcomes in the fourth group of patients were almost indistinguishable on the iHOT-33 scale from the first group and on the HOS scale from the second group. In the third group, a statistically significant result on the HOS-Sport subscale was achieved in only 30% of patients, while in other groups it was not less than 58%. Other scales showed a slight superiority of treatment results in the first and fourth groups compared to the second and third groups. In the first years after surgery, all groups of patients showed a significant improvement in sports activity, but after 2 years, there was a tendency for a decrease in patients in the second and third groups.

**Conclusion.** The highest results of arthroscopic treatment were shown by patients in the first group with isolated cam-type deformity, slightly worse were results by patients in the second group (with mixed-type). In patients with borderline dysplasia, the effectiveness of arthroscopy depended on the structure of the anterior wall of the acetabulum. The worst result was observed in patients with borderline dysplasia and insufficiently developed anterior wall of the acetabulum — in that group of patients, it is worth preferring isolated periacetabular osteotomy or in combination with arthroscopy.

**Keywords:** femoroacetabular impingement, hip arthroscopy, acetabular dysplasia, acetabular retroversion.

**Cite as:** Bogopolskiy O.E., Filonov P.V., Tikhilov R.M. Results of Arthroscopic Treatment of Patients With Femoroacetabular Impingement Depending on the Type of Hip Deformity. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):24-34. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15530>.

✉ Oleg E. Bogopolskiy; e-mail: 9202211@gmail.com

Submitted: 23.08.2023. Accepted: 23.10.2023. Published Online: 17.11.2023.

© Bogopolskiy O.E., Filonov P.V., Tikhilov R.M., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Причиной возникновения болевого синдрома и ограничения подвижности в тазобедренном суставе (ТБС) у пациентов молодого и среднего возраста зачастую является фемороацетабулярный импинджмент (ФАИ) [1, 2, 3]. Биомеханика ФАИ заключается в повторяющемся патологическом контакте края вертлужной впадины и суставной губы с головкой и шейкой бедренной кости, что приводит к травматизации структур тазобедренного сустава, болевому синдрому, уменьшению объема движений и в итоге к ухудшению качества жизни пациентов. Морфологическая классификация ФАИ выделяет три основных типа ФАИ: *cam*-тип, при котором нарушается сферичность головки и уменьшается оффсет головки и шейки бедренной кости [4], *pincer*-тип — избыточное покрытие головки бедренной кости на определенном участке, в том числе локальная *pincer*-деформация или тотальная *pincer*-деформация (*coxa profunda*, *protrusio acetabuli*) по всей окружности; смешанный тип — *mixed*-тип, т.е. сочетание обоих типов деформации [5].

Современным методом лечения пациентов с ФАИ является артроскопия тазобедренного сустава [6]. Результат оперативного лечения ФАИ зависит от ряда факторов [7], в том числе и от типа деформации. По данным литературы, наблюдается снижение эффективности лечения от *cam*-типа к *mixed*-типу и *pincer*-типу [8]. Однако результаты артроскопического лечения пациентов с *cam*-типом ФАИ в сочетании с пограничной дисплазией вертлужной впадины противоречивы. Одни авторы отмечают высокую эффективность применения данной методики [9, 10], другие же заявляют о низкой степени удовлетворенности и о худших функциональных результатах артроскопической коррекции ФАИ у данных пациентов [11, 12].

**Цели исследования:** 1) оценить влияние типа деформации тазобедренного сустава у пациентов с фемороацетабулярным импинджментом на результат лечения; 2) выявить тип деформации тазобедренного сустава, который является оптимальным для коррекции с использованием артроскопии; 3) определить влияние строения вертлужной впадины в условиях пограничной дисплазии на результат лечения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Тип исследования: ретроспективное неконтролируемое одноцентровое.

В исследование вошли пациенты с ФАИ, подтвержденным клиничко-рентгенологическими данными, которым в период с сентября 2014 г. по март 2022 г. была выполнена артроскопия ТБС.

**Критерии не включения:** пациенты с остеоартрозом 2–3 ст. по классификации Н.С. Косинской, остеонекрозом головки бедренной кости, перенесенной болезнью Легга–Кальве–Пертеса, первичным хондроматозом, в возрасте старше 50 лет.

При физикальном обследовании пациентов использованы провокационные тесты, подтверждающие клиническое проявление ФАИ: сгибание, приведение, внутренняя ротация (*flexion adduction internal rotation — FADIR*), сгибание, отведение, наружная ротация (*flexion abduction external rotation — FABER*), тест Thomas. Все пациенты имели не менее двух положительных тестов из трех. В исследовании учитывались возраст, индекс массы тела (ИМТ), длительность симптомов до оперативного лечения и срок наблюдения после операции.

В качестве лучевого метода обследования использовались обзорная рентгенограмма таза в положении пациента стоя и рентгенограмма таза в модифицированной укладке по Dunn 45° с наружной ротацией бедра на 40°. По обзорной рентгенограмме таза определяли: латеральный центрально-краевой угол в модификации Ogata (*LCEA-O*), угол Tönnis, угол  $\alpha$  наружного отдела головки бедренной кости, высоту суставной щели в латеральном (*LS*) и медиальном отделах (*MS*) склерозированной части вертлужной впадины. У пациентов с пограничной дисплазией (*LCEA-O* < 25°) дополнительно оценивали версию вертлужной впадины. По модифицированной укладке по Dunn 45° определен угол  $\alpha$  передне-верхнего отдела головки бедренной кости. При угле  $\alpha$ , не превышающем 42°, дополнительно вычислен оффсет головки/шейки бедренной кости. Снижение оффсета менее 0,17 подтверждало наличие *cam*-деформации. Расчеты и оценка рентгенологических параметров производились по нашей методике, описанной ранее [13].

В исследование включен 121 пациент: 49 (40,5%) женщин и 72 (59,5%) мужчины. Всего прооперировано 135 тазобедренных суставов — у 7 женщин и 7 мужчин прооперированы оба сустава.

Пациенты были разделены на 4 группы по типу деформации. В группу 1 включено 33 (24,4%) сустава с *cam*-типом ФАИ, в группу 2 — 72 (53,4%) сустава с *mixed*-типом, в группу 3 — 17 (12,6%) суставов с дисплазией (*LCEA-O* < 25°) и *cam*-типом деформации головки, группа 4 объединила 13 (9,6%) суставов с сочетанием дисплазии, *cam*-типа деформации и ретроверсии вертлужной впадины.

### Техника операции

Артроскопическая коррекция внутрисуставных деформаций и повреждений выполнялась одним хирургом из стандартных доступов. Артроскопи-

ческая коррекция сам-деформации выполнялась без distraction сустава. После выполнения distraction сустава, при выявлении повреждения вертлужной губы, после моделирующей резекции края вертлужной впадины, объем которой зависел от характера деформации, осуществлялась ее рефиксация с использованием якорных фиксаторов. У пациентов с пограничной дисплазией при осуществлении шва вертлужной губы резекция края вертлужной впадины была минимальна. При поверхностном повреждении вертлужной губы и хряща выполнялось сглаживание поврежденных участков шейвером и артроскопическим коагулятором. Нестабильные участки хряща края вертлужной впадины резецировались.

В процессе операции оценивались локализация, характер и протяженность повреждения вертлужной губы и хряща. Для оценки повреждений хряща головки бедренной кости использована классификация Outerbridge [14]. Повреждения хряща вертлужной впадины оценивались по классификации M. Beck с соавторами [15].

### Послеоперационное ведение

Все пациенты были активизированы на следующий день после операции с ограничением осевой нагрузки на оперированный сустав. Рекомендовалось использование костылей с нагрузкой на оперированную конечность 15–20% от массы тела в первые 3 нед. после операции с последующим постепенным увеличением и доведением нагрузки до полной в течение 2 нед.

### Оценка результатов

Минимальный период наблюдения после операции составил 1 год. Все пациенты заполнили шкалы international Hip Outcome Tool-33 (iHOT-33) и Hip Outcome Score (HOS) накануне операции и за-

тем, начиная с первого года после операции, ежегодно дистанционно в виде Google форм. Данные последнего опроса использованы для анализа. Результаты варьируют от 0 до 100, где более высокие показатели отражают лучшие результаты.

### Статистический анализ

Формирование базы данных выполняли в виде таблиц Excel. Статистическую обработку проводили в программе Statistica 12 (StatSoft) X86 for Windows.

Анализ нормальности распределения проводили с использованием критерия Шапиро–Уилка. Для сравнения нормально распределенных переменных между группами использовали дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим Post-hoc анализом. Распределение числовых переменных шкал опросников iHOT-33 и HOS отличалось от нормального, поэтому для оценки количественных параметров в четырех независимых группах применяли критерий Краскела–Уоллиса с последующим попарным анализом с использованием критерия Манна–Уитни. С учетом эффекта множественных сравнений критический уровень статистической значимости  $p$  для данных сравнений принят равным 0,0085 ( $1-0,951/6 = 0,0085$  — с учетом проведения шести попарных сравнений). Сравнение результатов по шкалам опросников до и после лечения проводили с применением W-критерия Уилкоксона.

Уровень статистической значимости  $p$  в исследовании принят равным 0,05.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистически значимой разницы между группами пациентов по возрасту, ИМТ, длительности симптомов, углу  $\alpha$ , высоте суставной щели до операции и срокам наблюдения после операции не выявлено ( $p > 0,05$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пациентов всех групп (M; SD)

Параметр	Группа 1 (сам-тип) 33 сустава	Группа 2 (mixed-тип) 72 сустава	Группа 3 (дисплазия + сам-тип) 17 суставов	Группа 4 (дисплазия + ретроверсия + сам-тип) 13 суставов
Возраст, лет	32,3; 7,7	30,3; 7,4	39,9; 7,9	28,7; 4,9
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	23,3; 4,4	23,7; 2,9	23,4; 3,6	23,0; 2,3
Длительность симптомов, мес.	33,3; 29	31,4; 29,6	33,9; 36,5	39,2; 39,9
Угол $\alpha$ a-p*, град.	58,2; 19,1	60,7; 19,1	55,5; 24,4	61,6; 20,5
Угол $\alpha$ Dunn, град.	62,4; 12,1	63,1; 11,2	62,0; 15,4	62,4; 15,6
LS, мм	4,9; 0,7	4,8; 0,8	4,9; 1,0	4,7; 0,7
MS, мм	4,1; 0,9	4,3; 0,7	4,3; 0,8	4,8; 0,8
Длительность наблюдения, мес.	52,3; 22,1	44,7; 22,2	53,7; 25,8	58,1; 26,5

\* a-p — передне-задняя укладка.

Сравнение угла  $\alpha$  LCEA-O и угла Tönnis показало статистически значимую разницу между пациентами групп 1 и 2 в сравнении с группами 3 и 4 ( $p < 0,01$ ). Статистически значимой разницы не получено при сравнении групп 1 и 2 ( $p = 0,18$  для LCEA-O и  $p = 1,0$  для угла Tönnis), так же, как и между группами 3 и 4 ( $p = 1,0$  для LCEA-O и  $p = 0,34$  для угла Tönnis) (табл. 2).

Характеристика повреждений вертлужной губы и хряща, выявленных в ходе оперативного лечения, приведена в таблице 3.

Частота повреждений суставной губы ( $p = 0,81$ ), хряща вертлужной впадины ( $p = 0,33$ ) и головки бедренной кости ( $p = 0,14$ ) была схожа во всех группах. Однако, невзирая на отсутствие статистической разницы, повреждения хряща у пациентов с дисплазией встречались чаще, чем в других группах.

Повреждения вертлужной губы и хряща вертлужной впадины чаще выявлялись в передневерхних отделах (рис. 1, 2). Частота распределения повреждений по отделам вертлужной впадины во всех группах имела сопоставимые значения.

Таблица 2

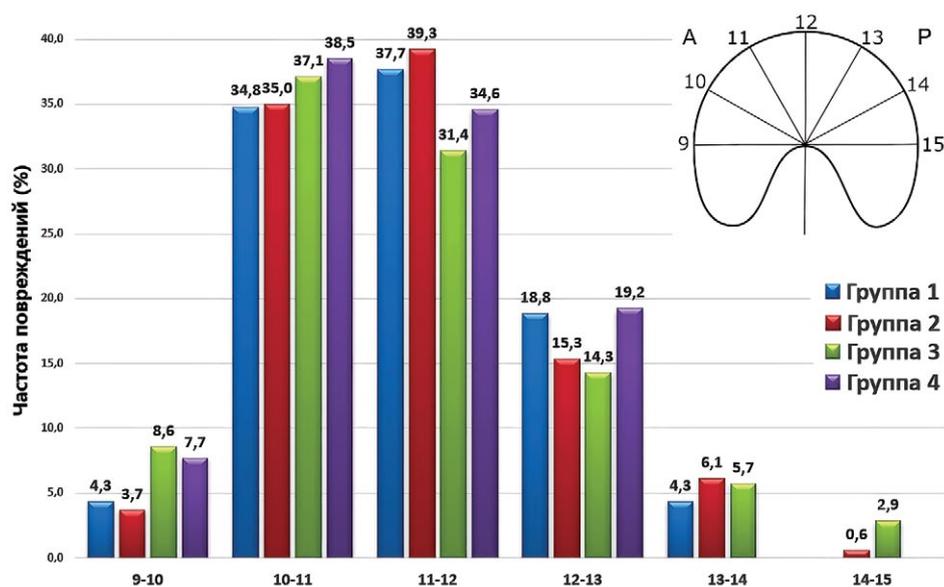
**Показатели LCEA-O и угла Tönnis в группах, град. (M; SD)**

Параметр	Группа 1 (сам-тип) 33 сустава	Группа 2 (mixed-тип) 72 сустава	Группа 3 (дисплазия + сам-тип) 17 суставов	Группа 4 (дисплазия + ретроверсия + сам-тип) 13 суставов
LCEA-O	29,1; 3,5	30,7; 3,9	2,0; 1,9	21,8; 2,1
Угол Tönnis	3,9; 2,7	4,0; 2,5	8,6; 4,1	10,6; 2,7

Таблица 3

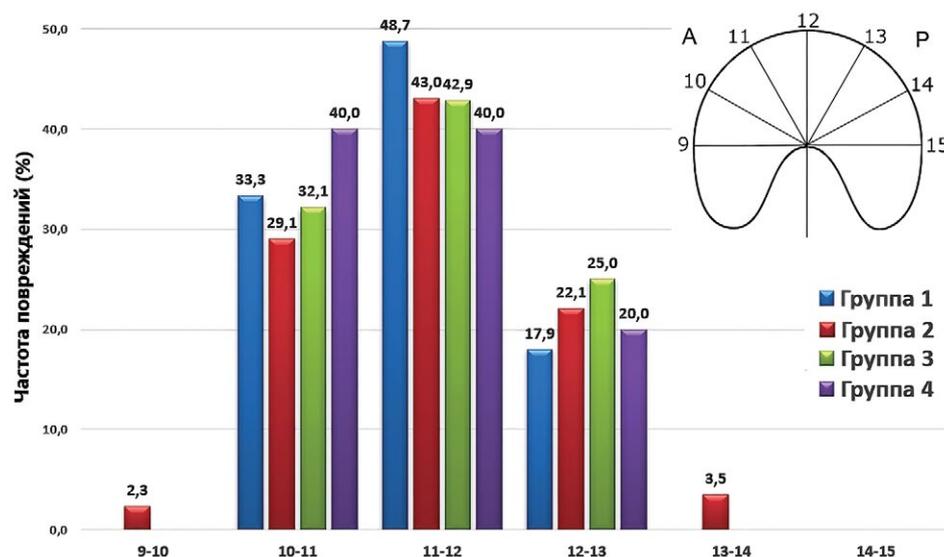
**Количественная характеристика повреждений, выявленных интраоперационно, и манипуляций с вертлужной губой, n (%)**

Параметр	Группа 1 (сам-тип) 33 сустава	Группа 2 (mixed-тип) 72 сустава	Группа 3 (дисплазия + сам-тип) 17 суставов	Группа 4 (дисплазия + ретроверсия + сам-тип) 13 суставов
Повреждение вертлужной губы	29 (87,9)	67 (93,1)	15 (88,2)	12 (92,3)
Фиксация поврежденных участков вертлужной губы	20 (60,6)	62 (86,1)	14 (82,3)	12 (92,3)
Резекция поврежденных участков вертлужной губы	0	1 (1,4)	0	0
Удаление поверхностных повреждений вертлужной губы	9 (27,3)	4 (5,6)	1 (5,9)	0
Повреждение хряща вертлужной впадины	21 (63,6)	41 (56,9)	13 (76,5)	6 (46,2)
Поверхностное повреждение (1 ст. по Beck)	4 (12,1)	11 (15,3)	3 (17,6)	0
Глубокое повреждение хряща (2 и 3 ст. по Beck)	14 (42,4)	25 (34,7)	9 (53)	4 (30,8)
Лоскутное повреждение и десквамация хряща (4 и 5 ст. по Beck)	3 (9,1)	5 (6,9)	1 (5,9)	2 (15,4)
Повреждение хряща головки бедренной кости	5 (15,2)	4 (5,6)	3 (17,6)	3 (23,1)
Поверхностное повреждение (1 и 2 ст. по Outerbridge)	4 (12,2)	4 (5,6)	3 (17,6)	2 (15,4)
Глубокое повреждение (3 и 4 ст. по Outerbridge)	1 (3)	0	0	1 (7,7)



**Рис. 1.** Локализация и частота повреждений вертлужной губы согласно делению вертлужной впадины по условному циферблату, левосторонний ориентир

**Fig. 1.** Localization and incidence of acetabular labrum lesions determined by dividing the acetabulum according to the conventional dial, left-sided mark



**Рис. 2.** Локализация и частота повреждений хряща вертлужной впадины согласно делению вертлужной впадины по условному циферблату, левосторонний ориентир

**Fig. 2.** Localization and incidence of acetabular cartilage lesions determined by dividing the acetabulum according to the conventional dial, left-sided mark

Невропатия наружного кожного нерва была выявлена в 18,5% (23 пациента, 25 суставов) случаев, а полового нерва — в 6,7% (9 пациентов) случаев. Все эти осложнения разрешились самостоятельно. Статистически значимой разницы в частоте осложнений между группами не выявлено ( $p > 0,05$ ). Инфекционных осложнений у прооперированных пациентов не было.

Данные опросников iHOT-33 и HOS до операции при сравнении между группами статистически не различались ( $p > 0,05$ ). В послеоперационном периоде во всех группах достигнуто статистически значимое улучшение на основании используемых шкал ( $p < 0,05$ ), кроме раздела «Sport» опросника HOS в группе 3, где статистически значимой разницы не выявлено ( $p = 0,55$ ) (табл. 4).

Однако при сравнении результатов лечения между группами по используемым шкалам

с учетом поправки на множественные сравнения четырех групп наилучший результат получен в группе 1, которая статистически значимо отличалась от группы 3 по обоим опросникам (табл. 5). Результаты лечения пациентов группы 2 не имели статистически значимых отличий от группы 1 по опроснику HOS, однако отличались по данным iHOT-33. Результаты лечения группы 4 были сопоставимы по шкале iHOT-33 с группой 1 и по шкале HOS с группой 2.

Среди пациентов группы 3 по подшкале HOS-Sport существенно значимый результат (substantial clinical benefit — SCB) [16] был достигнут только в 30%, в то время как в остальных группах он был не ниже 58%. Остальные шкалы показали незначительное превосходство результатов лечения в группах 1 и 4 над группами 2 и 3 (табл. 6).

Таблица 4

**Данные опросников iHOT-33 и HOS до и после операции в группах (Me [Q25; Q75])**

Параметр	Группа 1 (сам-тип ФАИ) (33 сустава)	Группа 2 (mixed-тип ФАИ) (72 сустава)	Группа 3 (дисплазия + сам-тип) (17 суставов)	Группа 4 (дисплазия + ретроверсия + сам-тип) (13 суставов)
iHOT-33 д/о	52,1 [36,7; 63,5]	55,8 [43,6; 70,6]	46 [41,5; 51,2]	54,4 [48,2; 59,1]
<i>p</i> -value	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01
iHOT-33 п/о	91,8 [85,8; 98,5]	87 [72,5; 94,2]	75,5 [68,2; 86,9]	95,2 [86,3; 96]
HOS-ADL д/о	79,4 [67,6; 88,2]	79,4 [66,9; 86,8]	73,5 [69,1; 82,4]	75 [66,2; 82,4]
<i>p</i> -value	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01
HOS-ADL п/о	98,5 [94,1; 100]	94,1 [89; 98,5]	89,7 [82,4; 95,6]	95,6 [86,8; 97,1]
HOS-Sport д/о	66,7 [50; 75]	55,6 [36,1; 72,2]	58,3 [44,4; 66,7]	52,8 [22,2; 66,7]
<i>p</i> -value	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> <0,01	<i>p</i> = 0,55	<i>p</i> <0,01
HOS-Sport п/о	94,4 [83,3; 100]	80,6 [72,5; 94,2]	61,1 [38,9; 86,1]	86,1 [75; 88,9]

iHOT-33 – international Hip Outcome Tool-33; HOS-ADL – Hip Outcome Score-Activities of Daily Living; HOS-Sport – Hip Outcome Score-Sports-Specific Subscale.

Таблица 5

**Сравнение результатов между группами (Me [Q25; Q75])**

Параметр	Группа 1 (сам-тип ФАИ) (33 сустава)	Группа 2 (mix-тип ФАИ) (72 сустава)	Группа 3 (дисплазия + сам) (17 суставов)	Группа 4 (дисплазия + ретроверсия + сам) (13 суставов)	<i>p</i> *-value		
					группа 1 vs группа 3	группа 1 vs группа 4	группа 2 vs группа 4
iHOT-33	52,1 [36,7; 63,5]	55,8 [43,6; 70,6]	46 [41,5; 51,2]	54,4 [48,2; 59,1]	<i>p</i> = 0,0004	<i>p</i> = 0,9029	<i>p</i> = 0,0737
<i>p</i> *-value	<i>p</i> = 0,0073	<i>p</i> = 0,0413	<i>p</i> = 0,0044				
HOS-ADL	79,4 [67,6; 88,2]	79,4 [66,9; 86,8]	73,5 [69,1; 82,4]	75 [66,2; 82,4]	<i>p</i> = 0,0057	<i>p</i> = 0,057	<i>p</i> = 0,927
<i>p</i> *-value	<i>p</i> = 0,0302	<i>p</i> = 0,0702	<i>p</i> = 0,3358				
HOS-Sport	66,7 [50; 75]	55,6 [36,1; 72,2]	58,3 [44,4; 66,7]	52,8 [22,2; 66,7]	<i>p</i> = 0,001	<i>p</i> = 0,0947	<i>p</i> = 0,8118
<i>p</i> *-value	<i>p</i> = 0,0247	<i>p</i> = 0,0115	<i>p</i> = 0,0364				

\* Статистическая значимость *p*-value <0,0085.

Таблица 6

**Частота достижения MCID и SCB в группах, %**

Шкала	Группа 1			Группа 2			Группа 3			Группа 4		
	NCI	MCID	SCB									
HOS-ADL	7,69	3,85	88,46	16,95	5,08	77,97	31,25	0,00	68,75	9,09	0,00	90,91
HOS -Sport	27,27	9,09	63,64	19,61	21,57	58,82	53,85	15,38	30,77	18,18	18,18	63,64
iHOT-33	0,00	10,34	89,66	16,67	23,33	60,00	25,00	12,50	62,50	0,00	16,67	83,33

\* MCID – minimal clinically important difference (минимальная клинически значимая разница); SCB – substancial clinical benefit (существенный клинический результат); NCI – not clinically improved (нет клинического улучшения).

В первые годы после операции все группы пациентов показывали существенное улучшение спортивной активности, однако спустя 2 года в результативности пациентов групп 2 и 3 наблюдалась тенденция к ее снижению. Динамика изменений результатов лечения пациентов с ФАИ на основании данных подшкалы HOS-Sport в среднем в сроки от 1 до 7 лет представлена на рисунке 3.

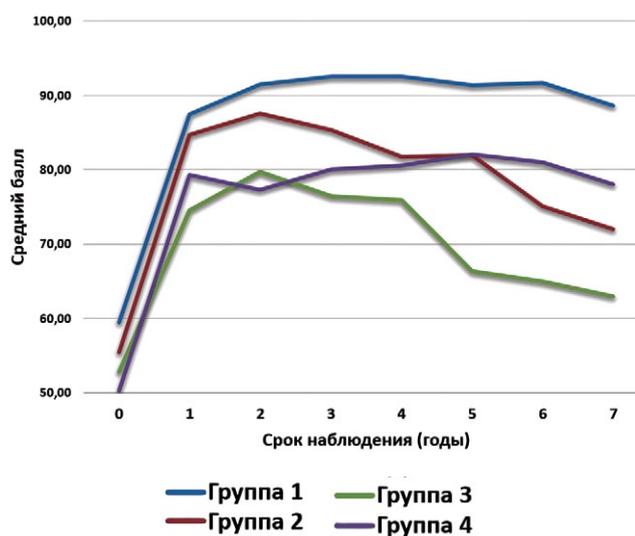


Рис. 3. Динамика изменений результатов лечения пациентов с ФАИ (данные подшкалы HOS-Sport)

Рис. 3. Changes in treatment results of patients with FAI according to the HOS-Sport subscale

## ОБСУЖДЕНИЕ

На данный момент развития артроскопической хирургии тазобедренного сустава в научном сообществе идет не только активный поиск расширения возможностей данного метода, но и скрупулезный анализ неудовлетворительных результатов лечения. Большинство авторов приводят в качестве предикторов неудач такие факторы, как предшествующий оперативному лечению остеоартроз, снижение высоты суставной щели в целом или в наружном отделе, нарушение конгруэнтности суставных поверхностей, истинная дисплазия вертлужной впадины, значительное увеличение угла  $\alpha$  [17, 18, 19]. С. Kuin с соавторами на основе анализа 13 статей, оценивающих результаты артроскопического лечения 1571 сустава, указали одним из важных предикторов неудачи хирургического лечения ФАИ увеличение возраста [20]. Учитывая данный факт, мы исключили из исследования пациентов старше 50 лет.

Тип деформаций тазобедренного сустава также влияет на результат лечения. Известно, что лучшие результаты показывает артроскопическая коррекция sam-типа ФАИ, несколько отстает в результативности лечения mixed-тип ФАИ. H.G. Said с со-

авторами на основании лечения 90 тазобедренных суставов проанализировали зависимость результатов артроскопического лечения ФАИ от его типа и пришли к выводу, что sam-тип является более благоприятным по сравнению с mixed-типом [21]. Аналогичные результаты мы получили при сравнении эффективности лечения групп 1 и 2, которые показали статистически значимое улучшение в группе 1 по опроснику iHOT-33 и значимые, но не имеющие статистической значимости, различия по обеим подшкалам HOS в сравнении с группой 2.

Особый интерес вызывают пациенты с сочетанием ФАИ и пограничной дисплазии тазобедренного сустава, применение исключительно артроскопии у которых имеет неоднозначные результаты по данным литературы [22]. Дисплазия вертлужной впадины имеет свой специфический механизм нарушения биомеханики, который заключается в появлении микронеустойчивости и уменьшении площади контактной поверхности, что приводит к увеличению концентрации механической нагрузки на передневерхний отдел вертлужной впадины [23]. Данные изменения распределения нагрузки приводят к различиям в характере внутрисуставных повреждений у пациентов с наличием и отсутствием дисплазии. Мы не получили статистически значимой разницы между всеми группами по частоте повреждения суставной губы, хряща вертлужной впадины и головки бедренной кости, однако повреждения хряща вертлужной впадины встречались чаще в группе 3. Схожие данные в 2018 г. получили I.K. Volia с соавторами, которые на основании анализа артроскопического лечения 2429 пациентов, из которых 305 были с пограничной дисплазией, выявили, что при примерно одинаковой частоте выявления глубоких повреждений хряща вертлужной впадины у пациентов с пограничной дисплазией размер этих повреждений был больше, чем у пациентов с нормальным покрытием головки бедренной кости [24].

Особое внимание обращает на себя разница в результатах между пациентами группами 3 и 4, у которых как в одной, так и в другой группе присутствует пограничная дисплазия. Статистически значимая разница ( $p = 0,0044$ ) между группами получена по опроснику iHOT-33. Различия по подшкале HOS-Sport ( $p = 0,0364$ ) были статистически незначимы, однако учитывая данные Post-hoc анализа, можно говорить о существенных отличиях между группами. Отсутствие значимой разницы между группами ( $p = 0,335$ ) по подшкале HOS-ADL на фоне статистически значимого улучшения в постоперационном периоде в группе 3, по всей видимости, свидетельствует о достаточном для повседневной жизни клиническом результате. В целом результат лечения пациентов группы 4 был сравним с данными групп 1 и 2.

Предположительно, на результат лечения пациентов группы 4 благоприятно повлияло лучшее покрытие головки бедренной кости передней стенки вертлужной впадины в связи с ее ретроверсией. S. Chen с соавторами исследовали зависимость распределения контактной механической нагрузки на вертлужную впадину от величины переднецентрального краевого угла (anterior central edge angle — ACEA), который отражает развитие передней колонны. На основании компьютерного моделирования строения вертлужной впадины 9 пациентов с истинной и пограничной дисплазией авторы установили, что при одном и том же значении угла Виберга (LCEA) с уменьшением ACEA происходит значительная концентрация механической нагрузки в передневерхнем отделе вертлужной впадины [25]. Другая группа авторов под руководством J.C. Christensen на основании анализа результатов лечения 173 пациентов установила, что пациенты старшего возраста с пограничной дисплазией и дефицитом передней стенки получают значительно худшие результаты артроскопического лечения по шкале iHOT-12 в сравнении с другими группами пациентов [11]. Ввиду ограничения нашего исследования мы не могли оценить значение антеверсии шейки бедренной кости, но ее значение выше 25° также смещает механическую нагрузку на передний отдел вертлужной впадины. E.O. Chaharbakhshi с соавторами проанализировали результаты артроскопического лечения 12 тазобедренных суставов с пограничной дисплазией и избыточной антеверсией шейки бедренной кости. Авторы пришли к выводу, что эти пациенты в сравнении с контрольной группой, в которую вошли исследуемые с нормальными покрытиями головки и антеверсией, демонстрируют значительно худшие результаты по шкалам mHHS, NAHS, NOS-SSS и более низкую удовлетворенность хирургическим вмешательством [26].

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Богопольский О.Е.* — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка полученных данных, написание текста статьи.

*Филонов П.В.* — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование текста статьи.

*Тихилов Р.М.* — разработка концепции и дизайна 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.

Невзирая на хороший двухлетний результат лечения пациентов с пограничной дисплазией и слабо выраженной передней стенкой вертлужной впадины, мы считаем, что для достижения более стабильного результата стоит рассматривать периацетабулярную остеотомию, а не артроскопию как метод оперативного лечения данных пациентов или simultанное выполнение периацетабулярной остеотомии и артроскопии тазобедренного сустава, что может быть довольно эффективным по данным M.S. Lee с соавторами [27].

## Ограничения исследования

Отсутствие измерений и сравнений показателей антеверсии шейки бедренной кости и переднекраевого центрального угла (ACEA) ввиду отсутствия рентгенограммы в укладке ложного профиля и компьютерной томографии таза и коленного сустава в протоколе предоперационного обследования до момента проведения данной исследовательской работы. Из исследования исключены пациенты с pincer-типом ФАИ ввиду их малой численности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результат артроскопической коррекции ФАИ зависит от множества факторов, в том числе и от типа деформаций. Наилучший результат достигается при коррекции *cam*-типа и *mixed*-типа ФАИ. Эффективность применения артроскопии у пациентов с *cam*-деформацией и пограничной дисплазией зависит от строения передней стенки вертлужной впадины. Наихудший результат наблюдается у пациентов с пограничной дисплазией без ретроверсии вертлужной впадины. При лечении данной группы пациентов, возможно, стоит отдать предпочтение изолированной периацетабулярной остеотомии или в сочетании с артроскопией.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Bogopolskiy O.E.* — data collection and processing, data analysis and interpretation, statistical analysis of results, writing the article.

*Filonov P.V.* — data collection and processing, data analysis and interpretation, 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 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.** 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.

**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.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Leunig M., Casillas M.M., Hamlet M., Hersche O., Nötzli H., Slongo T. et al. Slipped capital femoral epiphysis: early mechanical damage to the acetabular cartilage by a prominent femoral metaphysis. *Acta Orthop Scand.* 2000;71(4):370-375. doi: 10.1080/00016470031793367.
- Myers S.R., Eijer H., Ganz R. Anterior femoroacetabular impingement after periacetabular osteotomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(363):93-99.
- Ganz R., Parvizi J., Beck M., Leunig M., Nötzli H., Siebenrock K.A. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;(417):112-120. doi: 10.1097/01.blo.0000096804.78689.c2.
- Hanzlik S., Riff A.J., Wuerz T.H., Abdulian M., Gurin D., Nho S.J. et al. The Prevalence of Cam Morphology: A Cross-Sectional Evaluation of 3,558 Cadaveric Femora. *Front Surg.* 2021;7:588535. doi: 10.3389/fsurg.2020.588535.
- Griffin D.R., Dickenson E.J., O'Donnell J., Agricola R., Awan T., Beck M. et al. The Warwick Agreement on femoroacetabular impingement syndrome (FAI syndrome): an international consensus statement. *Br J Sports Med.* 2016;50(19):1169-1176. doi: 10.1136/bjsports-2016-096743.
- Gatz M., Driessen A., Eschweiler J., Tingart M., Migliorini F. Arthroscopic surgery versus physiotherapy for femoroacetabular impingement: a meta-analysis study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020;30(7):1151-1162. doi: 10.1007/s00590-020-02675-6.
- Domb B.G., Chen S.L., Go C.C., Shapira J., Rosinsky P.J., Meghpara M.B. et al. Predictors of Clinical Outcomes After Hip Arthroscopy: 5-Year Follow-up Analysis of 1038 Patients. *Am J Sports Med.* 2021;49(1):112-120. doi: 10.1177/0363546520968896.
- Flecher X., Wettstein M., May O. Limitations of arthroscopy for managing coxa profunda. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019;105(8S):S267-S274. doi: 10.1016/j.otsr.2019.09.016.
- Cvetanovich G.L., Levy D.M., Weber A.E., Kuhns B.D., Mather R.C. 3rd, Salata M.J. et al. Do Patients With Borderline Dysplasia Have Inferior Outcomes After Hip Arthroscopic Surgery for Femoroacetabular Impingement Compared With Patients With Normal Acetabular Coverage? *Am J Sports Med.* 2017;45(9):2116-2124. doi: 10.1177/0363546517702855.
- Evans P.T., Redmond J.M., Hammarstedt J.E., Liu Y., Chaharbakhshi E.O., Domb B.G. Arthroscopic Treatment of Hip Pain in Adolescent Patients With Borderline Dysplasia of the Hip: Minimum 2-Year Follow-Up. *Arthroscopy.* 2017;33(8):1530-1536. doi: 10.1016/j.arthro.2017.03.008.
- Christensen J.C., Marland J.D., Miller C.J., Horton B.S., Whiting D.R., West H.S. Trajectory of clinical outcomes following hip arthroscopy in female subgroup populations. *J Hip Preserv Surg.* 2019;6(1):25-32. doi: 10.1093/jhps/hnz011.
- Yoon S.J., Lee S.H., Jang S.W., Jo S. Hip Arthroscopy of a Painful Hip with Borderline Dysplasia. *Hip Pelvis.* 2019;31(2):102-109. doi: 10.5371/hp.2019.31.2.102.
- Богопольский О.Е. Инструментальная диагностика и предоперационное планирование артроскопии тазобедренного сустава при фемороацетабулярном импинджмент-синдроме: лекция. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(4):155-168. doi: 10.21823/2311-2905-1636.
- Bogopolskiy O.E. Instrumental Diagnosis and Preoperative Planning of Hip Arthroscopy in Femoroacetabular Impingement Syndrome: Lecture. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2021;27(4):155-168. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-1636.
- Outerbridge R.E. The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br.* 1961;43-B:752-757. doi: 10.1302/0301-620X.43B4.752.
- Beck M., Kalhor M., Leunig M., Ganz R. Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):1012-1018. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.15203.
- Nwachukwu B.U., Chang B., Fields K., Rebolledo B.J., Nawabi D.H., Kelly B.T. et al. Defining the «Substantial Clinical Benefit» After Arthroscopic Treatment of Femoroacetabular Impingement. *Am J Sports Med.* 2017;45(6):1297-1303. doi: 10.1177/0363546516687541.
- Philippon M.J., Briggs K.K., Carlisle J.C., Patterson D.C. Joint space predicts THA after hip arthroscopy in patients 50 years and older. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(8):2492-2496. doi: 10.1007/s11999-012-2779-4.
- Rosinsky P.J., Chen J.W., Glein R.M., Jimenez A.E., Brayboy C., Domb B.G. Lateral to Medial Joint Space Ratio is Predictive of Survivorship After Primary Hip Arthroscopy. *Arthroscopy.* 2023;39(2):300-307. doi: 10.1016/j.arthro.2022.06.025.
- Thomas G.E., Palmer A.J., Batra R.N., Kiran A., Hart D., Spector T. et al. Subclinical deformities of the hip are significant predictors of radiographic osteoarthritis and joint replacement in women. A 20 year longitudinal cohort study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014;22(10):1504-1510. doi: 10.1016/j.joca.2014.06.038.
- Kyin C., Maldonado D.R., Go C.C., Shapira J., Lall A.C., Domb B.G. Mid- to Long-Term Outcomes of Hip Arthroscopy: A Systematic Review. *Arthroscopy.* 2021;37(3):1011-1025. doi: 10.1016/j.arthro.2020.10.001.

21. Said H.G., Masoud M.A., Morsi M.M.A., El-Assal M.A. Outcomes of hip arthroscopy for femoroacetabular impingement: The effect of morphological type and chondrolabral damage. *SICOT J.* 2019;5:16. doi: 10.1051/sicotj/2019012.
22. Murata Y., Fukase N., Dornan G., Martin M., Soares R., Pierpoint L. et al. Arthroscopic Treatment of Femoroacetabular Impingement in Patients With and Without Borderline Developmental Dysplasia of the Hip: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(8):23259671211015973. doi: 10.1177/23259671211015973.
23. Harris J.D., Lewis B.D., Park K.J. Hip Dysplasia. *Clin Sports Med.* 2021;40(2):271-288. doi: 10.1016/j.csm.2020.11.004.
24. Bolia I.K., Briggs K.K., Locks R., Chahla J., Utsunomiya H., Philippon M.J. Prevalence of High-Grade Cartilage Defects in Patients With Borderline Dysplasia With Femoroacetabular Impingement: A Comparative Cohort Study. *Arthroscopy.* 2018;34(8):2347-2352. doi: 10.1016/j.arthro.2018.03.012.
25. Chen S., Zhang L., Mei Y., Zhang H., Hu Y., Chen D. Role of the Anterior Center-Edge Angle on Acetabular Stress Distribution in Borderline Development Dysplastic of Hip Determined by Finite Element Analysis. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:823557. doi: 10.3389/fbioe.2022.823557.
26. Chaharbakhshi E.O., Hartigan D.E., Perets I., Domb B.G. Is Hip Arthroscopy Effective in Patients With Combined Excessive Femoral Anteversion and Borderline Dysplasia? A Match-Controlled Study. *Am J Sports Med.* 2019;47(1):123-130. doi: 10.1177/0363546518812859.
27. Lee M.S., Fong S., Owens J.S., Mahatme R.J., Kim D.N., Gillinov S.M. et al. Outcomes After Concomitant Hip Arthroscopy and Periacetabular Osteotomy: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2023 Apr 25;11(4):23259671231160559. doi: 10.1177/23259671231160559.

---

#### Сведения об авторах

✉ Богопольский Олег Евгеньевич

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
ул. Академика Байкова, д. 8  
<https://orcid.org/0000-0002-4883-0543>  
e-mail: 9202211@gmail.com

Филонов Павел Владимирович

<https://orcid.org/0000-0001-7758-0128>  
e-mail: drpavelfilonov@gmail.com

Тихилов Рашид Муртузалиевич — чл.-корр. РАН,  
д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>  
e-mail: rtikhilov@gmail.com

---

#### Authors' information

✉ Oleg E. Bogopolskiy

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,  
Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-4883-0543>  
e-mail: 9202211@gmail.com

Pavel V. Filonov

<https://orcid.org/0000-0001-7758-0128>  
e-mail: drpavelfilonov@gmail.com

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>  
e-mail: rtikhilov@gmail.com



## Влияние радикальной реконструкции тазобедренного сустава у детей с подвывихом бедра на показатели сагиттального баланса и тип вертикальной осанки: среднесрочные результаты

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

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, 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.** Нестабильность тазобедренных суставов в виде подвывиха бедра вне зависимости от его этиологии приводит не только к формированию чрезмерной антеверсии таза и гиперлордозу поясничного отдела позвоночника, но и к раннему развитию коксартроза. Отсутствие в мировой литературе сведений о возможных изменениях параметров сагиттального баланса у данной категории пациентов после выполнения тройной остеотомии таза диктует необходимость проведения таких исследований.

**Цель исследования** — оценить состояние сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений и тип вертикальной осанки у детей с подвывихом бедра различного генеза после выполнения радикального реконструктивного вмешательства в среднесрочном периоде наблюдения.

**Материал и методы.** Исследования основано на анализе результатов клинико-рентгенологического обследования 50 пациентов (50 тазобедренных суставов) в возрасте от 10 до 17 лет с подвывихом бедра, прооперированных в период с 2018 по 2019 г. Пациенты были разделены на две группы: группу I составили 30 пациентов (30 тазобедренных суставов) с дисплазией I степени по Crowe; группу II — 20 пациентов (20 тазобедренных суставов) с болезнью Легга – Кальве – Пертеса. Всем детям выполнена тройная остеотомия таза.

**Результаты.** Различные подходы к выполнению тройной остеотомии таза у пациентов с нестабильностью тазобедренного сустава различного генеза позволили значительно повлиять на состояние сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений и тип вертикальной осанки. У всех пациентов произошло уменьшение угла наклона крестца, позвоночно-крестцового угла, величины поясничного лордоза, а также изменение значения сагиттальной вертикальной оси из резко негативного к нейтральному.

**Заключение.** Анализ среднесрочных результатов хирургического лечения детей с нестабильностью тазобедренного сустава в виде подвывиха бедра и болезнью Легга – Кальве – Пертеса с применением технологии 3D-моделирования и прототипирования индивидуальных шаблонов-направителей показал, что выполнение тройной остеотомии таза приводит к уменьшению как избыточной антеверсии таза, так и гиперлордоза поясничного отдела позвоночника, в результате чего происходит трансформация физиологически невыгодного гиперлордотического типа вертикальной осанки в гармоничный.

**Ключевые слова:** дети, дисплазия тазобедренного сустава, болезнь Легга – Кальве – Пертеса, подвывих бедра, позвоночно-тазовые соотношения, тройная остеотомия таза, 3D-моделирование.

**Для цитирования:** Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Познович М.С., Баскаева Т.В. Влияние радикальной реконструкции тазобедренного сустава у детей с подвывихом бедра на показатели сагиттального баланса и тип вертикальной осанки: среднесрочные результаты. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):35-48. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15533>.

Бортулёв Павел Игоревич; e-mail: [pavel.bortulev@yandex.ru](mailto:pavel.bortulev@yandex.ru)

Рукопись получена: 30.08.2023. Рукопись одобрена: 18.10.2023. Статья опубликована онлайн: 15.11.2023.

© Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Познович М.С., Баскаева Т.В., 2023



## Effect of Radical Hip Reconstruction in Children With Hip Subluxation on Sagittal Balance and Type of Vertical Posture: Mid-Term Results

Pavel I. Bortulev<sup>1</sup>, Sergei V. Vissarionov<sup>1,2</sup>, Dmitriy B. Barsukov<sup>1</sup>, Ivan Yu. Pozdnykin<sup>1</sup>, Makhmud S. Poznovich<sup>1</sup>, Tamila V. Baskaeva<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.** Hip instability in the form of hip subluxation, regardless of its etiology, leads not only to the formation of excessive pelvic anteversion and lumbar hyperlordosis, but also to the early development of hip osteoarthritis. The lack of information in the world literature on possible changes in sagittal balance parameters in this category of patients after triple pelvic osteotomy requires such studies.

**Aim of the study** is to evaluate the spino-pelvic sagittal balance and the type of vertical posture in children with hip subluxation of different genesis after radical reconstructive intervention in the mid-term follow-up period.

**Methods.** The study is based on the analysis of clinical and X-ray results of 50 patients (50 hip joints) aged 10 to 17 years with hip subluxation operated on between 2018 and 2019. The patients were divided into two groups: group I consisted of 30 patients (30 hip joints) with Crowe type I dysplasia; group II consisted of 20 patients (20 hip joints) with Legg-Calvé-Perthes disease. All children underwent triple pelvic osteotomy.

**Results.** Different approaches to triple pelvic osteotomy in patients with hip instability of various genesis allowed to significantly affect the spino-pelvic sagittal balance and the type of vertical posture. In all patients there was a decrease in the sacral slope value, spino-sacral angle, the magnitude of lumbar lordosis, as well as a change in the sagittal vertical axis value from strongly negative to neutral.

**Conclusion.** Analysis of mid-term results of surgical treatment of children with hip instability in the form of hip subluxation and Legg-Calvé-Perthes disease using 3D modeling and prototyping of individual guides showed that the triple pelvic osteotomy leads to the reduction of both excessive pelvic anteversion and lumbar hyperlordosis, resulting in the transformation of physiologically disadvantageous hyperlordotic type of vertical posture into harmonious one.

**Keywords:** children, hip dysplasia, Legg-Calvé-Perthes disease, hip subluxation, spino-pelvis balance, triple pelvic osteotomy, 3D modeling.

**Cite as:** Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnykin I.Yu., Poznovich M.S., Baskaeva T.V. Effect of Radical Hip Reconstruction in Children With Hip Subluxation on Sagittal Balance and Type of Vertical Posture: Mid-Term Results. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):35-48. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15533>.

✉ Pavel I. Bortulev; e-mail: [pavel.bortulev@yandex.ru](mailto:pavel.bortulev@yandex.ru)

Submitted: 30.08.2023. Accepted: 18.10.2023. Published Online: 15.11.2023.

© Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnykin I.Yu., Poznovich M.S., Baskaeva T.V., 2023

**ВВЕДЕНИЕ**

Концепция формирования вертикальной осанки определенного типа у человека основывается на величине показателя поясничного лордоза позвоночника, которая, в свою очередь, напрямую зависит от значения единственного индивидуального морфологического тазового индекса — pelvic incidence (PI — тазовый угол) [1, 2, 3, 4]. Установлено, что при больших значениях PI имеет место чрезмерная антеверсия таза, которая выражается в увеличении значений показателя sacral slope (SS — угол наклона крестца) и уменьшении pelvic tilt (PT — угол наклона таза) [5]. В результате такого рентгеноанатомического состояния формируется гиперлордотический тип вертикальной осанки. В случае обратной ситуации, когда PI имеет малые значения, наблюдается ретроверсия таза, для которой характерно уменьшение значений SS и увеличение PT с формированием гиполордотического типа вертикальной осанки. Таким образом, можно утверждать, что на формирование вертикальной осанки человека в первую очередь влияет пространственное положение таза в сагиттальной плоскости.

Проведенные в последние годы исследования, посвященные изучению состояния сагиттального баланса у детей и взрослых с различной патологией тазобедренного сустава, доказали наличие у них формирования невыгодных в плане развития и течения дегенеративных изменений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника типов поясничного лордоза и вертикальной осанки в целом. В частности, было выявлено, что для детей с нестабильностью тазобедренных суставов в виде подвывиха бедра, которая наиболее часто имеет либо диспластический генез, либо формируется в результате болезни Легга–Кальве–Пертеса (БЛКП), характерен гиперлордотический тип вертикальной осанки [6, 7]. Необходимо отметить, что для детей с диспластическим подвывихом бедра характерно увеличение значений PI в сравнении с аналогичными значениями в асимптоматической популяции, а для детей с БЛКП — наоборот, незначительное уменьшение этого показателя. Несмотря на эти различия, можно сделать заключение о том, что подвывих бедра вне зависимости от этиологической причины и значений PI приводит к избыточной ротации таза кпереди и, как следствие, гиперлордозу поясничного отдела позвоночника. Полученные данные в очередной раз доказывают, что любые патологические изменения в тазобедренных суставах оказывают непосредственное влияние на пространственное положение таза, что в совокупности формирует выраженность изгиба пояснично-крестцового отдела позвоночника. На сегодняшний день многочисленными авторами доказано, что единственным

способом восстановить утраченную стабильность в тазобедренном суставе при подвывихе бедра у детей старшего возраста с дисплазией тазобедренных суставов и БЛКП является радикальная реконструктивная операция, а оптимальной методикой — тройная остеотомия таза [8, 9, 10, 11, 12]. Однако исследования, посвященные изучению возможных изменений типа вертикальной осанки и показателей сагиттального баланса у детей с нестабильностью тазобедренного сустава различного происхождения, носят единичный характер [13].

*Цель исследования* — оценить состояние сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений и тип вертикальной осанки у детей с подвывихом бедра различного генеза после выполнения радикального реконструктивного вмешательства в среднесрочном периоде.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ****Дизайн исследования**

Тип исследования — моноцентровое когортное ретроспективное.

*Критерии включения* пациентов в исследование:

- возраст от 10 до 17 лет;
- отсутствие операций на тазобедренном суставе в анамнезе, в том числе мягкотканых и малоинвазивных;
- наличие нестабильности одного тазобедренного сустава в виде подвывиха бедра диспластического генеза и при БЛКП;
- отсутствие грубой деформации компонентов сустава, требующей выполнения внутрисуставных манипуляций и моделирующей резекции;
- отсутствие необходимости в хирургической коррекции пространственного положения проксимального отдела бедренной кости путем ее остеотомии;
- отсутствие патологии со стороны позвоночника любой этиологии, нейро-ортопедических, генетических и системных заболеваний.

*Критерии исключения:*

- возраст менее 10 и более 18 лет;
- наличие билатерального патологического процесса;
- наличие выраженной асферичности головки бедренной кости и/или резко патологических рентгенометрических значений со стороны проксимального отдела бедра;
- наличие выпота в тазобедренный сустав любого характера;
- наличие сгибательно-приводящей контрактуры в тазобедренном суставе;
- наличие врожденных пороков развития позвоночника, в том числе и нейтральных или альтернирующих, верифицированных неврологических, системных и генетических заболеваний.

В исследование вошли 50 пациентов (50 тазобедренных суставов) в возрасте от 10 до 17 лет ( $13,0 \pm 2,3$  лет) с нестабильностью тазобедренного сустава в виде подвывиха бедра, получавших лечение в клинике Центра в период с 2018 по 2019 г. Всем пациентам была проведена тройная остеотомия таза с целью ликвидации нестабильности тазобедренного сустава и восстановления корректных рентгеноанатомических соотношений. Дети были разделены на две группы: I — 30 пациентов (30 тазобедренных суставов) с диспластическим подвывихом бедра (Crowe I степень); II — 20 пациентов (20 тазобедренных суставов) с подвывихом бедра в результате БЛКП. Оценку результатов лечения осуществляли в срок  $40,5 \pm 3,9$  мес. после операции.

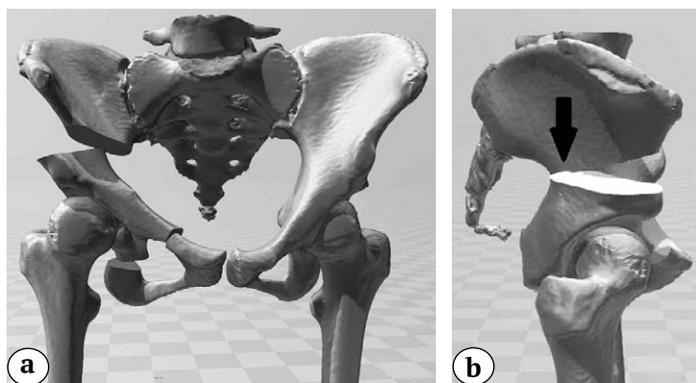
Клиническое исследование проводилось по классической общеизвестной методике. С целью получения объективной информации о наличии нарушений в выполнении повседневных функций, напрямую связанных с болевыми ощущениями в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, все пациенты заполняли опросник Oswestry [14] (исключая раздел «Сексуальная жизнь» по причине возрастного ценза). Учитывая это, расчеты производились согласно рекомендациям авторов, которые относятся к случаям отсутствия заполнения какого-либо раздела. Лучевые методы исследования включали рентгенографии тазобедренных суставов в переднезадней и аксиальной проекциях в положении пациента лежа, телерентгенограмму позвоночника в сагиттальной проекции в положении пациента стоя с максимальным захватом нижних конечностей, а также мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ).

Проводилась рентгенометрия следующих параметров: угла вертикального наклона вертлужной впадины (угол Sharp), угла Wiberg, шеечно-диафизарного угла (ШДУ), угла антеторсии (УА), степени костного покрытия (СКП), индекса ретроверсии вертлужной впадины (ARI), величины грудного кифоза (ТК), величины поясничного лордоза (GLL),

тазового угла (PI), угла наклона крестца (SS), угла наклона таза (PT), величины сагиттальной вертикальной оси (SVA) и позвоночно-крестцового угла (SSA). Для реализации индивидуальной адекватной интраоперационной реориентации вертлужной впадины после выполнения остеотомии лонной, седалищной и подвздошной костей всем пациентам на предоперационном этапе осуществляли 3D-планирование предстоящего вмешательства. Редукционный маневр ацетабулярного фрагмента у пациентов I группы выполняли в направлении кнаружи-кпереди ввиду недоразвития передневерхнего края вертлужной впадины, характерного для дисплазии тазобедренных суставов. Помимо этого, с учетом данных литературы о состоянии сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений (СПТС) у детей без заболеваний опорно-двигательного аппарата и пациентов с подвывихом бедра различного генеза [15, 16, 17], а также немаловажной роли PI в формировании типа поясничного лордоза и вертикальной осанки в целом, пациентам I группы дополнительно проводили трансляцию ацетабулярного компонента кзади с целью уменьшения значений PI на величину не более 15 мм. У пациентов II группы ротация вертлужной впадины была исключительно кнаружи, поскольку имел место дефицит латерального покрытия головки бедренной кости (рис. 1).

Непосредственно перед операцией осуществляли печать персонализированных шаблонов на 3D-принтере, которые в последующем использовали в ходе хирургического вмешательства. Их применение обеспечивало определение точного уровня пересечения подвздошной кости с возможностью обеспечения индивидуального редукционного маневра по изменению пространственного положения вертлужной впадины на оптимальную индивидуальную величину для восстановления стабильности тазобедренного сустава (рис. 2).

Рентгенометрию полученных данных проводили в программе Surgimap v. 2.3.2.1 (США).



**Рис. 1 (а, б).** Этап выполнения тройной остеотомии таза с 3D-моделированием оптимальной индивидуальной коррекции вертлужной впадины:

а, б — ротация ацетабулярного фрагмента кнаружи-кпереди у пациента с дисплазией правого тазобедренного сустава I степени по Crowe (стрелкой указана трансляция кзади)

**Fig. 1 (a, b).** Stage of triple pelvic osteotomy with 3D modeling of optimal individual acetabular correction:

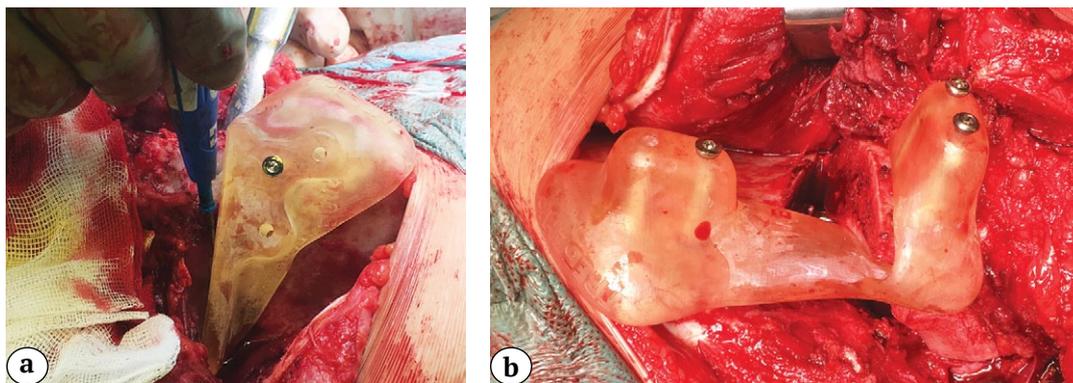
a, b — external anterior rotation of the acetabular fragment in a patient with Crowe type I right hip dysplasia (arrow indicates posterior translation)



**Рис. 1 (c, d).** Этап выполнения тройной остеотомии таза с 3D-моделированием оптимальной индивидуальной коррекции вертлужной впадины:

c, d — ротация ацетабулярного фрагмента кнаружи у пациента с подвывихом бедра при БЛКП

**Fig. 1. (c, d).** Stage of triple pelvic osteotomy with 3D modeling of optimal individual acetabular correction: c, d — external rotation of the acetabular fragment in a patient with hip subluxation in LCPD



**Рис. 2.** Интраоперационное применение индивидуальных шаблонов:

a — для определения уровня и направления остеотомии тела подвздошной кости;

b — для достижения индивидуальной адекватной коррекции положения вертлужной впадины в ходе выполнения редуцирующего маневра

**Fig. 2.** Intraoperative application of customized templates:

a — to determine the level and direction of the iliac body osteotomy;

b — to achieve an individual adequate correction of the acetabular position during reduction

### Статистический анализ

Статистический анализ проводили в программах Excel 2010 и SPSS Statistic v.26, (SPSS Inc. Chicago, Illinois, США). С помощью описательной статистики рассчитывали средние арифметические величины (M), стандартные отклонения (SD), медиану (Me) с 25 и 75 перцентилями (Q1–Q3). Корреляционный анализ проводили по критерию Pearson (сила связи расценивалась как  $0,01 \leq \rho \leq 0,29$  — слабая;  $0,30 \leq \rho \leq 0,69$  — умеренная;  $0,70 \leq \rho \leq 1,00$  — сильная). С целью оценки степени влияния одного признака на другой, а также определения варианта влияния проводился регрессионный анализ (парная линейная и квадратичная регрессионная модель). Экспертиза доли выборки осуществлялась по значениям коэффициента множественной детерминации ( $R^2$ ).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

При поступлении в отделение все пациенты имели жалобы, характерные для подвывиха бедра, а именно на хромоту и умеренные боли в пораженном тазобедренном суставе. Следствием этого являлись психоэмоциональный дискомфорт и со-

циальная дезадаптация детей по причине невозможности вести обычный образ жизни, свойственный их сверстникам (невозможность принимать участие в подвижных играх, заниматься спортом). Средние значения результатов анкетирования по шкале Oswestry составили  $19,1 \pm 9,6\%$  у пациентов I группы и  $17,4 \pm 6,9\%$  — во II группе, что свидетельствует о наличии патологических изменений в поясничном отделе позвоночника, которые не нуждаются в терапии, но предусматривают ограничения двигательного режима и физических нагрузок. Укорочение нижней конечности составило  $1,4 \pm 0,5$  см у пациентов обеих групп исследования. Проведение гониометрии показало наличие типичных для каждой этиологической причины подвывиха бедра изменений в амплитуде движений на стороне поражения, которые выражались в ограничении отведения в тазобедренном суставе, характерном для всех включенных в исследование, а также чрезмерных ротационных движений у пациентов I группы и в ограниченной внутренней ротации у пациентов II группы. Исследование физиологических изгибов позвоночника выявило гиперлордоз поясничного от-

дела у 22 (73,3%) пациентов I группы и у 12 детей (60%) — II группы. Изменения рентгеноанатомического строения тазобедренного сустава и показателей, характеризующих сагиттальный баланс у пациентов с подвывихом бедра I степени по Crowe и при БЛКП, нами были подробно описаны в предыдущих исследованиях [6, 7].

Всем пациентам с целью восстановления стабильности тазобедренного сустава было проведена реконструктивно-пластическая операция в объеме тройной остеотомии таза с учетом описанных выше особенностей ее выполнения. Всем пациентам проводились комплексные реабилитационные мероприятия с первых суток после операции. В среднесрочном периоде наблюдения лишь у 2 (7%) пациентов I группы и 1 (5%) пациента II группы сохранялись жалобы на нарушение походки, что, в первую очередь, связано с недо-

бросовестным выполнением реабилитационных мероприятий. Боли в тазобедренном суставе были купированы у пациентов обеих групп исследования. У всех пациентов были достигнуты среднефизиологические значения амплитуды движений в оперированном суставе (табл. 1).

Проведенное клиническое исследование состояния физиологических изгибов позвоночника у пациентов обеих групп показало стойкое уменьшение выраженности исходно имевшегося гиперлордоза. Средние значения результатов анкетирования по шкале Oswestry составили 2,8±3,1% и 2,4±2,6% в I и II группах соответственно, что может свидетельствовать об улучшении биомеханического состояния и соотношений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника.

У всех пациентов после выполнения радикальной хирургической коррекции тазового компонента и ликвидации нестабильности тазобедренного сустава путем выполнения тройной остеотомии таза средние величины, характеризующие анатомическое строение и ориентацию вертлужной впадины, а также стабильность сустава в целом, не выходили за пределы нормативных значений. Отсутствие значительных дефектов в коррекции положения ацетабулярного фрагмента как во фронтальной, так и в горизонтальной плоскостях после проведения тройной остеотомии таза свидетельствует о высокой эффективности применения индивидуальных шаблонов в редуцированном маневре с обеспечением оптимального положения вертлужной впадины (табл. 2).

Таблица 1

**Данные гониометрии тазобедренных суставов в среднесрочном периоде наблюдения, М±SD, град.**

Движение	I группа	II группа
Сгибание	113±3	115±2
Отведение	39±3	28±3
Внутренняя ротация	42±3	18±3
Наружная ротация	45±4	35±3

Таблица 2

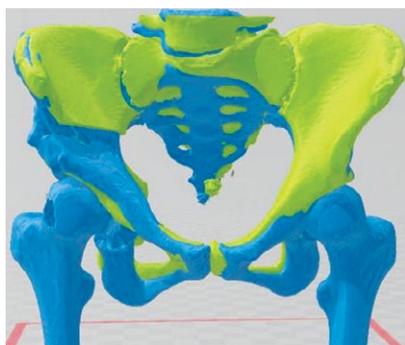
**Состояние основных рентгенологических показателей анатомического строения и стабильности тазобедренного сустава, сагиттального баланса у пациентов обеих групп**

Показатель	Пациенты I группы, М±SD Ме (Q1–Q3)	Пациенты II группы, М±SD Ме (Q1–Q3)	Нормативные показатели в асимптоматической популяции детей [18, 19, 20]
Угол Sharp, град.	36,2±4,8 36 (32–40)	34,0±3,3 34 (30,8–35,5)	35–45
Угол Wiberg, град.	32,7±3,9 33 (30–35)	35,4±4,0 36 (32,0–38,5)	25–40
СКП, %	93,3±5,9 95 (90–100)	98,5±2,4 100 (95–100)	85–100
ARI, %	4,8±3,2 5 (3–6)	3,0±3,0 2,2 (1–5)	до 20
ШДУ, град.	141,5±5,3 141,5 (138,3–145,0)	138,5±5,8 140 (135,0–141,8)	125–145
УА, град.	35,5±3,7 36,7 (32,7–38,0)	15,3±2,0 15 (13,3–16,0)	10–30
PI, град.	43,1±4,0 43,2 (41,6–46,0)	44,2±5,2 44,7 (42,6–51,1)	45,4±10,7

Показатель	Пациенты I группы, M±SD Me (Q1–Q3)	Пациенты II группы, M±SD Me (Q1–Q3)	Нормативные показатели в асимптоматической популяции детей [18, 19, 20]
PT, град.	4,1±2,1 4,3 (3,0–6,3)	6,2±2,4 6 (5,7–9,0)	10,3±6,5
SS, град.	39,0±3,6 39 (36,9–40,7)	38,0±5,6 37 (33,8–42,8)	35,4±8,1
TK, град.	35,0±4,3 35 (32,8–37,2)	34,4±3,8 35 (31,8–36,7)	37,1±9,9
GLL, град.	44,9±7,2 44,2 (41,3–49,3)	41,6±6,2 42,2 (35,9–46,0)	39,6±12,4
SVA, мм	0,8±10,0 0,9 (-6,6–6,6)	0,3±9,0 4,2 (-8,2–6,0)	0,1±2,3
SSA, град.	132,8±7,0 134 (130–138)	130,5±8,3 131 (124–138)	130,4±8,1

Анализ полученных результатов показал 95% идентичности между планируемой и достигнутой коррекцией ацетабулярного фрагмента после выполнения редуцирующего реориентирующего маневра, что особенно актуально у пациентов с диспластической нестабильностью тазобедренного сустава вследствие необходимости многоплоскостной коррекции (рис. 3).

Изучение значений тазовых индексов, величины физиологических изгибов позвоночника и их соотношений между собой у пациентов I группы показало, что ликвидация подвывиха бедра с трансляцией вертлужной впадины кзади при тройной остеотомии таза привела к значительному уменьшению значений тазового угла, а также уменьшению значений угла наклона крестца

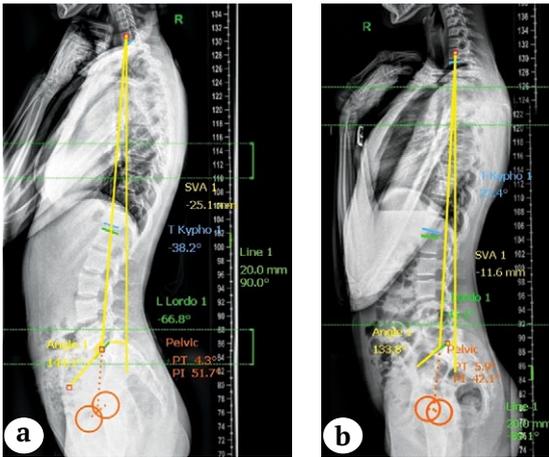


**Рис. 3.** Идентичность запланированного индивидуального (зеленый цвет) и достигнутого (голубой цвет) положений вертлужной впадины после редуцирующего реориентирующего маневра у пациента с диспластическим подвывихом бедра

**Fig. 3.** Identity of planned individual (green) and achieved (blue) acetabular positions after reorienting reduction in a patient with dysplastic hip subluxation

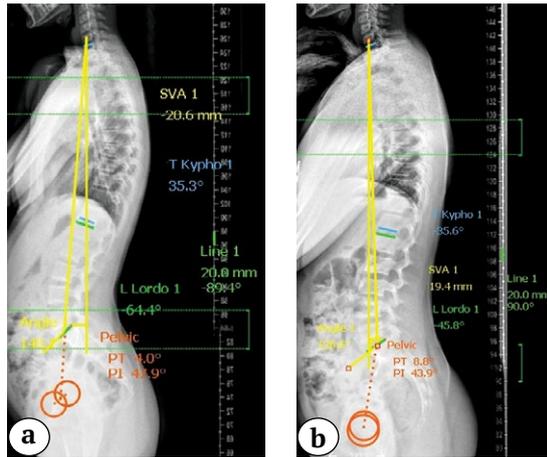
до его нормальной вариации в асимптоматической популяции. В результате операции исходно имеющийся показатель лордоза (гиперлордоз) поясничного отдела позвоночника приблизился к значениям физиологической нормы. Значения позвоночно-крестцового угла не отличались от аналогичных у здоровых детей. Это свидетельствует не только о возврате туловища в целом к средней сагиттальной линии по отношению к тазу, но и деротации последнего из положения избыточной антеверсии. Вместе с этим дооперационно имевшийся глобальный негативный дисбаланс, характеризующийся выраженным смещением SVA кзади по отношению к мысу крестца, приблизился к состоянию нейтрального компенсированного баланса, о чем свидетельствуют значения SVA в среднесрочном периоде наблюдения после радикальной реконструктивной операции (рис. 4).

Вышеуказанные показатели у пациентов II группы после хирургического лечения также претерпели изменения, которые выражались в незначительном увеличении по сравнению с исходными значениями морфологического показателя PI и уменьшении значений SS в среднем на 6%. Показатели всех тазовых индексов приблизились к среднестатистическим значениям у здоровых детей. В связи с изменением пространственного положения таза в сагиттальной плоскости закономерно произошло уменьшение по сравнению с дооперационными значениями величины поясничного лордоза. Кроме того, как и у пациентов I группы, значения позвоночно-крестцового угла не имели отличий от показателей нормы, а значения SVA из негативных приблизились к нейтральным, что свидетельствовало о стабилизации глобального баланса туловища в сагиттальной плоскости (рис. 5).



**Рис. 4.** Телерентгенограммы позвоночника в сагиттальной проекции пациента 14 лет с дисплазией левого тазобедренного сустава I степени по Crowe до проведения радикальной реконструкции (а) и через 38 мес. после нее (б). Пояснения в тексте

**Fig. 4.** Teleradiographs of the spine in the sagittal view of a 14-year-old patient with Crowe type I left hip dysplasia before radical reconstruction (a) and 38 months after (b). Explanation in the text



**Рис. 5.** Телерентгенограммы позвоночника в сагиттальной проекции пациента 11 лет с подвывихом бедра справа в результате БЛКП до проведения радикальной реконструкции (а) и через 36 мес. после нее (б). Пояснения в тексте

**Fig. 5.** Teleradiographs of the spine in the sagittal view of an 11-year-old patient with right hip subluxation as a result of LCPD before radical reconstruction (a) and 36 months after (b). Explanation in the text

Отраженный на рисунке 6 анализ корреляций показал наличие прямых сильных положительных связей между основными показателями сагиттального баланса в обеих группах исследования, что свидетельствует о восстановлении кинематических связей в способности поддержания динамического феномена сагиттального баланса.

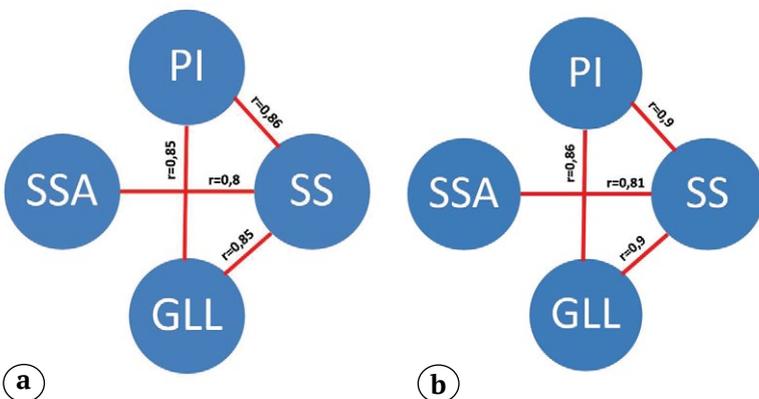
Наличие взаимосвязи между основными СПТС у детей с дисплазией I степени по Crowe в среднесрочном периоде наблюдения отражены в результатах регрессионного анализа (рис. 7).

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) по взаимосвязи указанных СПТС был выше 0,73 и значительно не отличался по линейной и квадратичной модели. Это приближало признаки к линейной регрессии.

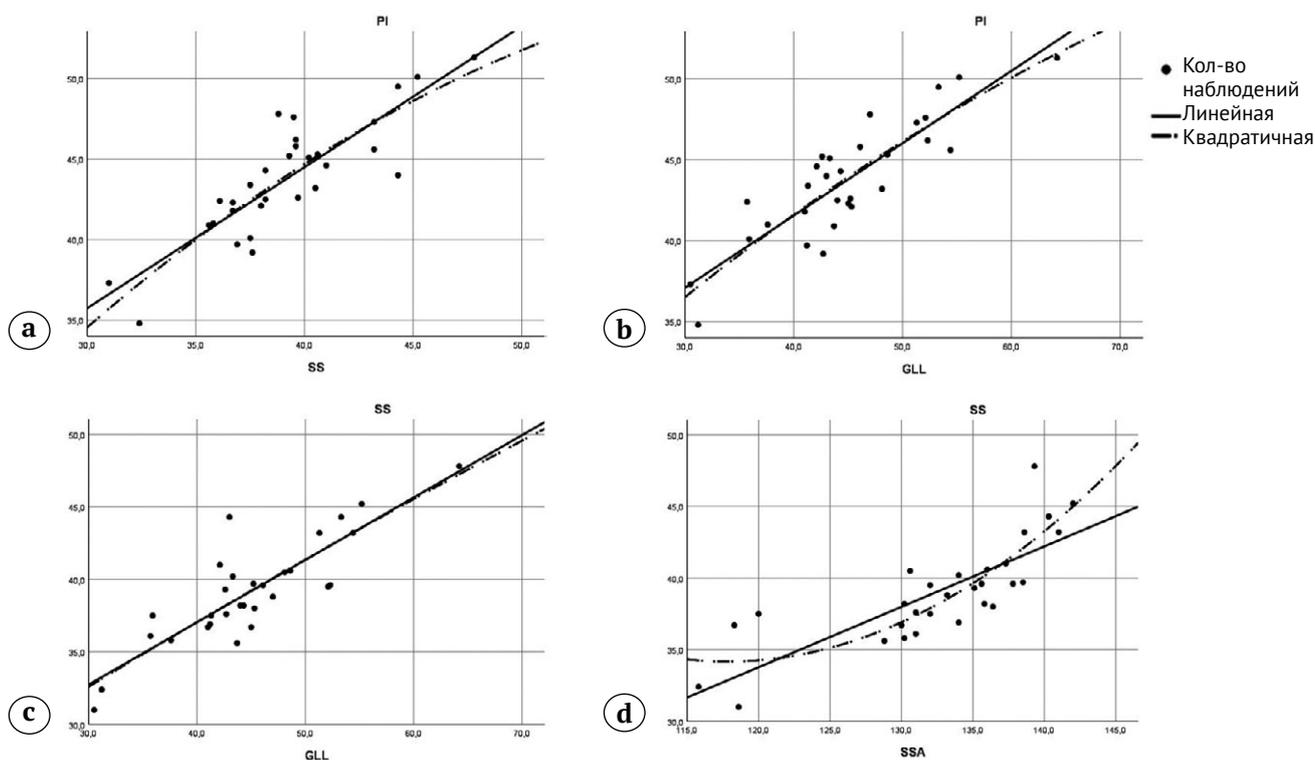
Более 70% выборки может быть обосновано данной формулой регрессии, поэтому аппроксимация может быть признана хорошей.

Результаты проведенного регрессионного анализа, отражающего взаимосвязь между основными СПТС у детей с подвывихом бедра при БЛКП в среднесрочном периоде наблюдения отражены на рисунке 8.

Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) по взаимосвязи СПТС был выше 0,75 и значительно не отличался по линейной и квадратичной моделям. Это приближало признаки к линейной регрессии. Более 75% выборки может быть обосновано данной формулой регрессии, поэтому аппроксимация также может быть признана хорошей.

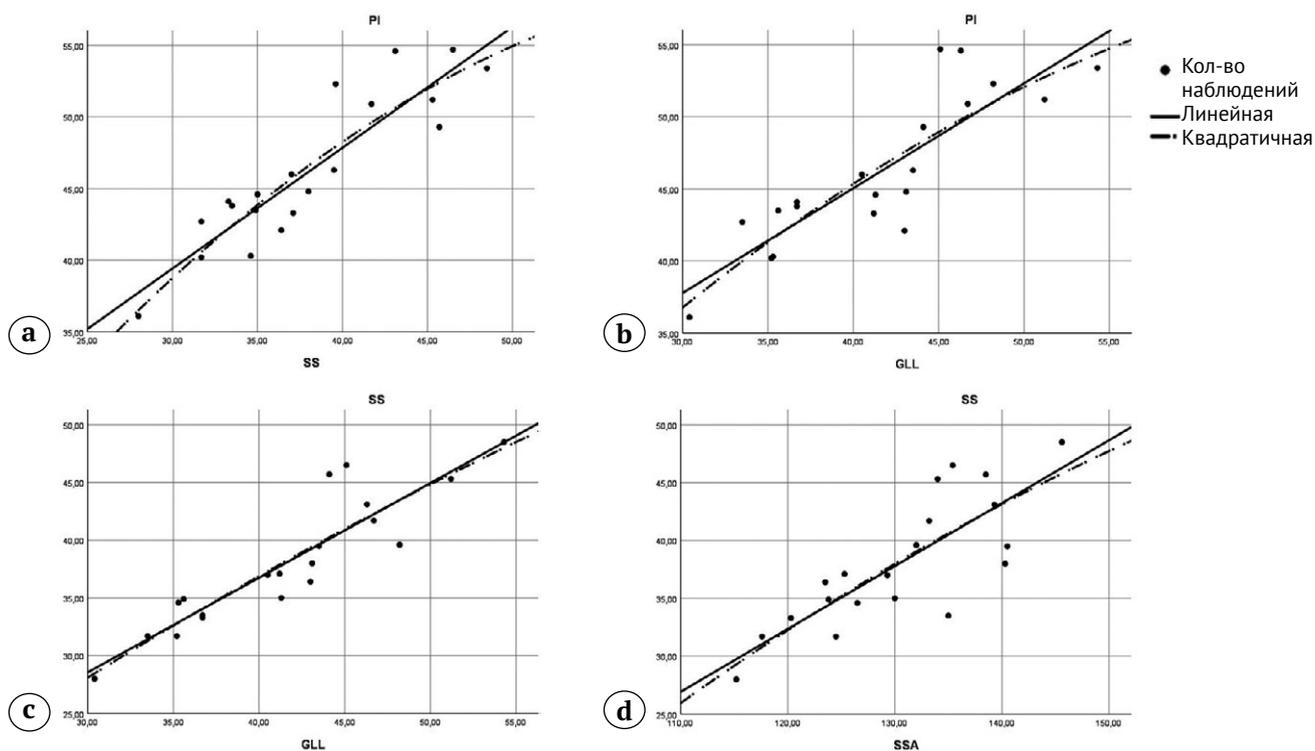


**Рис. 6.** Корреляционные связи между показателями сагиттального баланса у пациентов с подвывихом бедра диспластического генеза (а) и при БЛКП (б)  
**Fig. 6.** Correlations between sagittal balance values in patients with hip subluxation of dysplastic genesis (a) and in case of LCPD (b)



**Рис. 7.** Взаимоотношения между СПТС у пациентов I группы:  
 а – между PI и SS; б – между PI и GLL; в – между SS и GLL; д – между SSA и SS

**Fig. 7.** Relationship between SPTS in group I patients:  
 а – between PI and SS; б – between PI and GLL; в – between SS and GLL; д – between SSA and SS



**Рис. 8.** Результаты регрессионного анализа, отражающие взаимоотношения между сагиттальными позвоночно-тазовыми соотношениями у пациентов II группы:  
 а – между PI и SS; б – между PI и GLL; в – между SS и GLL; д – между SSA и SS

**Fig. 8.** Results of regression analysis showing the relationships between spino-pelvic sagittal balance in group II patients:  
 а – between PI and SS; б – between PI and GLL; в – between SS and GLL; д – between SSA and SS

Исходя из полученных данных, можно сделать заключение о том, что у всех пациентов в результате достижения оптимального индивидуального положения вертлужной впадины и восстановления стабильности тазобедренного сустава в целом произошла трансформация гиперлордотического типа вертикальной осанки в гармоничный, согласно усовершенствованной классификации P. Rousouilly [21], при котором возникновение и течение дегенеративно-дистрофических изменений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника не будут отличаться от аналогичных процессов в асимптоматической популяции людей.

## ОБСУЖДЕНИЕ

С момента первого подробного описания состояния СПТС с последующим выделением возможных вариантов формирования поясничного лордоза, от которого зависит тип вертикальной осанки человека, интерес мирового ортопедического сообщества к данной теме ежегодно растет [5, 22]. В настоящее время в литературе подробно описаны возможные варианты изменений сагиттального баланса у взрослых пациентов с различными ортопедическими заболеваниями позвоночника, фемороацетабулярным импинджментом и коксартрозом [23, 24, 25, 26, 27]. Более того, существуют исследования, посвященные нюансам позиционирования вертлужного компонента в ходе выполнения тотальной артропластики тазобедренного сустава, которые зависят от СПТС [28, 29, 30, 31].

В настоящее время имеются немногочисленные публикации о состоянии сагиттального баланса у детей с различной патологией опорно-двигательного аппарата [6, 7, 32, 33, 34, 35]. При этом работы, посвященные изменению состояния СПТС после проведения реконструктивных операций, носят единичный характер [13, 36].

В одном из своих исследований, посвященном оценке изменений СПТС и вертикальной осанки после выполнения транспозиции большого вертела у пациентов с его гипертрофией, И.Ю. Поздникин с соавторами сделали заключение, что данная операция приводит к уменьшению чрезмерной антеверсии таза и гиперлордоза. В результате гиперлордотическая вертикальная осанка переходит в гармоничную [36]. Одновременно с этим такие изменения типа поясничного лордоза, на наш взгляд, в первую очередь связаны с изменениями биомеханики средней ягодичной мышцы, поскольку значения PI у данной категории пациентов не имели отличий как перед операцией, так и после хирургического вмешательства.

Нами обнаружена единственная статья, посвященная оценке возможностей хирургической

коррекции баланса у детей с нестабильностью тазобедренных суставов [13]. По результатам исследования авторы делают вывод о том, что в результате проведения различных реконструктивных операций на тазовом и бедренном компонентах сустава происходит уменьшение имевшегося гиперлордоза за счет уменьшения показателя PI. Однако необходимо отметить, что имеющиеся разные нозологические и возрастные группы пациентов, наличие различного характера контрактур в области тазобедренного сустава, а также выполнение корригирующей остеотомии бедренной кости в подавляющем большинстве случаев не позволяли адекватно оценить истинное влияние методик хирургической стабилизации тазобедренного сустава на изменение СПТС и вертикальной осанки. Помимо этого, ни одному пациенту с нестабильностью тазобедренного сустава диспластической этиологии не была проведена тройная остеотомия таза.

В нашем исследовании различные подходы к тройной остеотомии таза у пациентов с подвывихом бедра различного генеза позволили значительно повлиять на состояние СПТС и вертикальную осанку. В частности, у пациентов с дисплазией I степени по Stowe обеспечение адекватного передне-верхнего покрытия головки бедренной кости в сочетании с трансляцией вертлужной впадины кзади привело к уменьшению значений PI, SS, SSA и величины поясничного лордоза до приближения их к показателям физиологической нормы.

Эти результаты подтверждают данные коллектива авторов из Японии, которые в ходе своего исследования установили, что для пациентов с ацетабулярной дисплазией характерны антеверсия таза и гиперлордоз, а ротация вертлужной впадины кпереди и кнаружи способствует уменьшению последних и является профилактикой развития “hip-spine” синдрома [37].

Кроме того, по данным корреляционного анализа, прямая положительная связь между PI и SS усилилась с 0,3 до 0,86, что может свидетельствовать о восстановлении сложных кинематических связей в системе «тазобедренные суставы — поясничный отдел позвоночника». У пациентов с подвывихом бедра при БЛКП реориентацию вертлужной впадины, учитывая её нормальное развитие, в ходе тройной остеотомии таза выполняли строго в направлении кнаружи с целью достижения СКП не менее 95% согласно основному принципу лечения данной категории пациентов — “containment therapy” [38, 39, 40].

В результате проведенного хирургического вмешательства значительных изменений со стороны PI не произошло, а показатели SS, SSA и поясничного лордоза достигли среднефизиологиче-

ских значений. Проведенный корреляционный анализ показал усиление прямой положительной связи между PI и GLL с 0,6 до 0,9, что также говорит о восстановлении связей в кинематической системе «тазобедренные суставы — поясничный отдел позвоночника». У пациентов обеих групп исследования отмечена стойкая тенденция к трансформации негативного дисбаланса в нейтральный, о чем свидетельствует динамика изменений показателя SVA. Кроме того, вне зависимости от этиологии подвывиха бедра после хирургической стабилизации тазобедренного сустава, с учетом особенностей ее выполнения, произошла конверсия гиперлордотического типа вертикальной осанки в гармоничный тип, что обеспечивает профилактику развития “hip-spine” синдрома и ранних дегенеративно-дистрофических изменений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника у данной категории пациентов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Бортулёв П.И.* — дизайн и концепция исследования, сбор и анализ данных, обзор литературы, написание текста статьи.

*Виссарионов С.В.* — дизайн исследования, редактирование текста статьи.

*Барсуков Д.Б.* — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

*Поздниккин И.Ю.* — сбор и анализ данных, редактирование текста статьи.

*Познович М.С.* — сбор данных, интерпретация результатов исследования, редактирование текста статьи.

*Баскаева Т.В.* — сбор 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.** Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Минздрава России (НИР № 121031700122-6).

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

**Этическая экспертиза.** Проведение настоящего исследования обсуждено и одобрено этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России (выписка из протокола № 21-4 от 22.11.2021).

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ среднесрочных результатов хирургического лечения нестабильности тазобедренного сустава в виде подвывиха бедра у детей с дисплазией и болезнью Легга–Кальве–Пертеса с применением технологий 3D-моделирования и интраоперационного использования прототипированных шаблонов показал, что выполнение тройной остеотомии таза приводит к уменьшению как избыточной антеверсии таза, так и гиперлордоза поясничного отдела позвоночника. Достигнутая оптимальная коррекция вертлужной впадины с восстановлением стабильности тазобедренного сустава обеспечила трансформацию физиологически невыгодного гиперлордотического типа вертикальной осанки в гармоничный, что подтверждается приближением основных рентгенологических показателей сагиттального баланса к значениям в асимптоматической популяции детей.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Bortulev P.I.* — study concept and design, data collection and processing, literature search and analysis, writing the article.

*Vissarionov S.V.* — study design, drafting the article.

*Barsukov D.B.* — data collection and processing, drafting the article.

*Pozdnikin I.Yu.* — data collection and processing, drafting the article.

*Poznovich M.S.* — data collection and processing, drafting the article.

*Baskaeva T.V.* — data collection, 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.** State budget financing.

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

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee of H. Turner National Medical Research Center for Children’s Orthopedics and Trauma Surgery, protocol No 21-4, 22.11.2021.

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Vaz G., Roussouly P., Berthonnaud E., Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J.* 2002;(11):80-87. doi: 10.1007/s005860000224.
- Legaye J., Duval-Beaupère G., Hecquet J., Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J.* 1998;7(2):99-103. doi: 10.1007/s005860050038.
- Li Y., Sun J., Wang G. Lumbar lordosis morphology correlates to pelvic incidence and erector spinae muscularity. *Sci Rep.* 2021;11(1):802. doi: 10.1038/s41598-020-80852-7.
- Bailey J.F., Shefi S., Soudack M., Kramer P.A., Been E. Development of Pelvic Incidence and Lumbar Lordosis in Children and Adolescents. *Anat Rec (Hoboken).* 2019;302(12):2132-2139. doi: 10.1002/ar.24209.
- Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):609-618. doi: 10.1007/s00586-011-1928-x.
- Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Овечкина Ф.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(3):74-82. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82.
- Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Ovechkina A.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu. Clinical and Roentgenological Criteria of Spine-pelvis Ratios in Children with dysplastic Femur Subluxation. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(3):74-82. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82.
- Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Баскаева Т.В. и др. Оценка рентгенологических показателей позвоночно-тазового комплекса у детей с подвывихом бедра при болезни Легга-Кальве-Пертеса. *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(3):19-28. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-19-28.
- Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Y., Baskov V.E., Baskaeva T.V. et al. Evaluation of Radiological Parameters of the Spino-Pelvic Complex in Children with Hip Subluxation in Legg-Calve-Perthes Disease. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2021;27(3):19-28. (In Russian). doi:10.21823/2311-2905-2021-27-3-19-28.
- Farsetti P., Caterini R., De Maio F., Potenza V., Efremov K., Ippolito E. Tönnis triple pelvic osteotomy for the management of late residual acetabular dysplasia: mid-term to long-term follow-up study of 54 patients. *J Pediatr Orthop B.* 2019;28(3):202-206. doi: 10.1097/BPB.0000000000000575.
- Камоско М.М., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Григорьев И.В. Транспозиция вертлужной впадины путем тройной остеотомии таза при лечении детей с дисплазией тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2014;(3):76-85. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-76-85.
- Kamosko M.M., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Yu., Grigoriev I.V. Transposition of the acetabulum after triple pelvic osteotomy in the treatment of children with hip dysplasia. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2014;(3):76-85 (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-76-85.
- van Hellemond G.G., Sonneveld H., Schreuder M.H., Kooijman M.A., de Kleuver M. Triple osteotomy of the pelvis for acetabular dysplasia: results at a mean follow-up of 15 years. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(7):911-915. doi: 10.1302/0301-620X.87B7.15307.
- Saqib M., Salman M., Hayat S., Khan M.A., Ullah S. Developmental Dysplasia Of The Hip In Older Children; Prospects Of Functional And Radiological Outcome Following A Single Stage Triple Procedure. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2019;31(3):427-431.
- de Kleuver M., Kooijman M.A., Pavlov P.W., Veth R.P. Triple osteotomy of the pelvis for acetabular dysplasia: results at 8 to 15 years. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(2):225-229. doi: 10.1302/0301-620X.79b2.7167.
- Leunig M., Ganz R. The evolution and concepts of joint-preserving surgery of the hip. *Bone Joint J.* 2014;96-B(1):5-18. doi:10.1302/0301-620X.96B1.32823.
- Camurcu I.Y., Yildirim T., Buyuk A.F., Gursu S.S., Bursali A., Sahin V. Tönnis triple pelvic osteotomy for Legg-Calve-Perthes disease. *Int Orthop.* 2015;39(3):485-490. doi: 10.1007/s00264-014-2585-6.
- Rosello O., Solla F., Oborocianu I., Chau E., ElHayek T., Clement J.L. et al. Advanced containment methods for Legg-Calvé-Perthes disease: triple pelvic osteotomy versus Chiari osteotomy. *Hip Int.* 2018;28(3):297-301. doi: 10.5301/hipint.5000569.
- Pailhé R., Cavaignac E., Murgier J., Cahuzac J.P., de Gauzy J.S., Accadbled F. Triple osteotomy of the pelvis for Legg-Calve-Perthes disease: a mean fifteen year follow-up. *Int Orthop.* 2016;40(1):115-122. doi: 10.1007/s00264-015-2687-9.
- Челпаченко О.Б., Жердев К.В., Фисенко А.П., Бутенко А.С., Яцык С.П., Дьяконова Е.Ю. и др. Хирургическая коррекция баланса туловища при деформациях позвоночника и нестабильности тазобедренных суставов. *Детская хирургия. Журнал им. Ю.Ф. Исакова.* 2020;24(4):256-265. doi: 10.18821/1560-9510-2020-24-4-256-265.
- Chelpachenko O.B., Zherdev K.V., Fisenko A.P., Butenko A.S., Yatsyk S.P., Dyakonova E.Yu. et al. Surgical correction of trunk balance in spinal deformities and in instability of hip joints. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2020;24(4):256-265. (In Russian). doi: 10.18821/1560-9510-2020-24-4-256-265.
- Камоско М.М., Баиндурашвили А.Г. Диспластический коксартроз у детей и подростков (клиника, патогенез, хирургическое лечение). Санкт-Петербург: СпецЛит; 2010. с. 54-72.
- Kamosko M.M., Baidurashvili A.G. Dysplastic coxarthrosis in children and adolescents (clinic, pathogenesis, surgical treatment). St. Petersburg: SpetsLit; 2010. p. 54-72.
- Direito-Santos B., França G., Nunes J., Costa A., Rodrigues E.B., Silva A.P. et al. Acetabular retroversion: Diagnosis and treatment. *EFORT Open Rev.* 2018 12;3(11):595-603. doi: 10.1302/2058-5241.3.180015.
- Hesarikia H., Rahimnia A., Emami Meybodi M.K. Differences between male and female sagittal spinopelvic parameters and alignment in asymptomatic pediatric and young adults. *Minerva Ortop Traumatol.* 2018;69(2):44-48. doi: 10.23736/S0394-3410.18.03867-5.
- Chevillotte T., Chan S.K., Grobost P., Laouissat F., Darnis A., Silvestre C. et al. Quantifying the Spinal Lordosis Ratio Unique to the Type of Spinal Sagittal Alignment in a Normal Population. *Global Spine J.* 2022;21925682221133748. doi: 10.1177/21925682221133748.

22. Duval-Beaupère G., Robain G. Visualization on full spine radiographs of the anatomical connections of the centres of the segmental body mass supported by each vertebra and measured in vivo. *Int Orthop.* 1987;11(3):261-269. doi: 10.1007/BF00271459.
23. Soydan Z., Bayramoglu E., Altas O. The Impact of Spinopelvic Alignment on the Facet Joint Degeneration. *Global Spine J.* 2023. A head of print. doi: 10.1177/21925682231162813.
24. Cho Y., Jo D.J., Hyun S.J., Park J.H., Yang N.R. From the Spinopelvic Parameters to Global Alignment and Proportion Scores in Adult Spinal Deformity. *Neurospine.* 2023;20(2):467-477. doi: 10.14245/ns.2346374.187.
25. Labelle H., Mac-Thiong J.M., Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):641-646. doi: 10.1007/s00586-011-1932-1.
26. Burton D.A., Karkenny A.J., Schulz J.F., Hanstein R., Gomez J.A. Sagittal spinopelvic changes after posterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop.* 2020;14(6):544-553. doi: 10.1302/1865-2548.14.200155.
27. Rivière C., Hardijzer A., Lazennec J.Y., Beaulé P., Muirhead-Allwood S., Cobb J. Spine-hip relations add understandings to the pathophysiology of femoro-acetabular impingement: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(4):549-557. doi: 10.1016/j.otsr.2017.03.010.
28. Batra S., Khare T., Kabra A.P., Malhotra R. Hip-spine relationship in total hip arthroplasty – Simplifying the concepts. *J Clin Orthop Trauma.* 2022;29:101877. doi: 10.1016/j.jcot.2022.101877.
29. Louette S., Wignall A., Pandit H. Spinopelvic Relationship and Its Impact on Total Hip Arthroplasty. *Arthroplasty Today.* 2022;17:87-93. doi: 10.1016/j.artd.2022.07.001.
30. Mancino F., Cacciola G., Di Matteo V., Perna A., Proietti L., Greenberg A. et al. Surgical implications of the hip-spine relationship in total hip arthroplasty. *Orthop Rev (Pavia).* 2020;12(Suppl 1):8656. doi: 10.4081/or.2020.8656.
31. Zagra L., Benazzo F., Dallari D., Falez F., Solarino G., D'Apolito R. et al. Current concepts in hip-spine relationships: making them practical for total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev.* 2022;7(1):59-69. doi: 10.1530/EOR-21-0082.
32. Кулешов А.А., Ветрилэ М.С., Захарин В.Р., Овсянкин А.В., Кузьмина Е.С., Лисянский И.Н. и др. Сравнительная характеристика параметров сагиттального баланса у детей в норме и со спондилолистезом. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022;29(1):25-33. doi: 10.17816/vto105177.  
Kuleshov A.A., Vetrile M.S., Zakharin V.R., Ovsyankin A.V., Kuzminova E.S., Lisyansky I.N. et al. Comparative characteristics of sagittal balance in normal children and with spondylolisthesis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2021;29(1):25-33. (In Russian). doi: 10.17816/vto105177.
33. Прудникова О.Г., Аранович А.М. Клинико-рентгенологические аспекты сагиттального баланса позвоночника у детей с ахондроплазией. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2018;6(4):6-12. doi: 10.17816/pToRS646-12.
- Prudnikova O.G., Aranovich A.M. Clinical and radiological aspects of the sagittal balance of the spine in children with achondroplasia. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2018;(6)4:6-12. (In Russian). doi: 10.17816/pToRS646-12.
34. Abelin K., Vialle R., Lenoir T., Thévenin-Lemoine C., Damsin J.P., Forin V. The sagittal balance of the spine in children and adolescents with osteogenesis imperfecta. *Eur Spine J.* 2008;17(12):1697-1704. doi: 10.1007/s00586-008-0793-8.
35. Барсуков Д.Б., Бортулев П.И., Виссарионов С.В., Поздниккин И.Ю., Баскаева Т.В. Оценка рентгенологических показателей позвоночно-тазовых соотношений у детей с тяжелой формой юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2022;10(4):365-374. doi: 10.17816/PTORS111772.  
Barsukov D.B., Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Pozdnikin I.Yu., Baskayeva T.V. Evaluation of radiological indices of the spine and pelvis ratios in children with a severe form of slipped capital femoral epiphysis. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2022;10(4):365-374. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS111772.
36. Поздниккин И.Ю., Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Баскаева Т.В. Изменения сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с высоким положением большого вертела после хирургического лечения. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2023;11(3):315-326. doi: 10.17816/PTORS472122.  
Pozdnikin I.Y., Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Baskayeva T.V. Changes in sagittal vertebral-pelvic ratios in children with a high position of the large trochanter after surgical treatment. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2023;11(3):315-326. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS472122.
37. Okuzu Y., Goto K., Okutani Y., Kuroda Y., Kawai T., Matsuda S. Hip-Spine Syndrome: Acetabular Anteversion Angle Is Associated with Anterior Pelvic Tilt and Lumbar Hyperlordosis in Patients with Acetabular Dysplasia: A Retrospective Study. *JBJS Open Access.* 2019;4(1):e0025. doi: 10.2106/JBJS.OA.18.00025.
38. Ziebarth K., Kaiser N., Slongo T. Triple osteotomy for patients with Legg-Calve-Perthes disease. *Oper Orthop Traumatol.* 2022;34(5):323-332. (In German). doi: 10.1007/s00064-022-00784-5.
39. Joseph B., Price C.T. Principles of containment treatment aimed at preventing femoral head deformation in Perthes disease. *Orthop Clin North Am.* 2011;42(3):317-327. doi: 10.1016/j.ocl.2011.04.001.
40. Slongo T., Ziebarth K. Femoral head reduction osteotomy to improve femoroacetabular containment in Legg-Calve-Perthes disease. *Oper Orthop Traumatol.* 2022;34(5):333-351. (In German). doi: 10.1007/s00064-022-00779-2.

**Сведения об авторах**

✉ *Бортулёв Павел Игоревич* — канд. мед. наук  
Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,  
ул. Парковая, д. 64–68  
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>  
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

*Виссарионов Сергей Валентинович* — чл.-корр. РАН,  
д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>  
e-mail: vissarionovs@gmail.com

*Барсуков Дмитрий Борисович* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>  
e-mail: dbbarsukov@gmail.com

*Поздникин Иван Юрьевич* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>  
e-mail: pozdnikin@gmail.com

*Познович Махмуд Станиславович*  
<https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>  
e-mail: poznovich@bk.ru

*Баскаева Тамила Владимировна*  
<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>  
e-mail: tamila-baskaeva@mail.ru

**Authors' information**

✉ *Pavel I. Bortulev* — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 64-68, Parkovaya st., St. Petersburg, Pushkin,  
196603, Russia  
<https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>  
e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

*Sergei V. Vissarionov* — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>  
e-mail: vissarionovs@gmail.com

*Dmitriy B. Barsukov* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>  
e-mail: dbbarsukov@gmail.com

*Ivan Yu. Pozdnikin* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>  
e-mail: pozdnikin@gmail.com

*Makhmud S. Poznovich*  
<https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>  
e-mail: poznovich@bk.ru

*Tamila V. Baskaeva*  
<https://orcid.org/0000-0001-9865-2434>  
e-mail: tamila-baskaeva@mail.ru



## Остеонекроз головки бедренной кости — еще одно наследие COVID-19?

А.А. Мясоедов<sup>1</sup>, И.И. Шубняков<sup>1</sup>, А.П. Середа<sup>1,2</sup>, В.В. Карелкин<sup>1</sup>, Е.А. Юнкина<sup>1</sup>, Г.В. Березин<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> Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Выздоровление после COVID-19 не всегда проходит без осложнений, особенно у пациентов, перенесших тяжелые формы заболевания. Большинство исследователей подтверждают значительный рост частоты развития остеонекроза головки бедренной кости (ОГБК) вследствие перенесенного COVID-19. При этом нет четкого мнения относительно индивидуальных аспектов развития и течения заболевания. Это является крайне важным моментом, позволяющим выделить основные группы риска развития остеонекроза после перенесенного COVID-19 и, как следствие, осуществить максимально ранний скрининг данного осложнения.

**Цели исследования:** 1) оценить влияние перенесенного COVID-19 на эпидемиологические показатели и клиническое течение остеонекроза головки бедренной кости у пациентов; 2) изучить причины его развития.

**Материал и методы.** Проанализированы данные медицинской документации 674 пациентов с диагнозом «остеонекроз головки бедренной кости», обратившихся за медицинской помощью в 2018 и в 2022 гг. Пациенты были разделены на 4 группы по предполагаемым причинам развития заболевания: первая группа — 183 пациента, перенесших COVID-19 и получавших лечение глюкокортикостероидами (ГКС); вторая группа — 78 пациентов, перенесших COVID-19 без терапии ГКС; третья группа — 103 пациента с ОГБК, дебютировавшим в 2022 г. и без COVID-19 в анамнезе. Четвертую группу (сравнения) составили 310 пациентов, у которых ОГБК развился в 2018 г., до появления вируса SARS-CoV-2.

**Результаты.** Пациенты с остеонекрозом, ассоциированным с COVID-19, значительно отличались от пациентов, не болевших COVID-19, по полу, возрасту, срокам дебюта заболевания, объему поражения головки бедренной кости и скорости течения патологического процесса ( $p < 0,001$ ). Уровень ранней диагностики ОГБК был крайне низким, не отличаясь от такового в допандемийный период.

**Заключение.** Пандемия COVID-19 привела к увеличению частоты ОГБК, серьезно изменив как его эпидемиологию, так и клиническую картину. Тем не менее настороженность практикующих врачей остается крайне низкой, что сказывается на своевременной диагностике заболевания.

**Ключевые слова:** COVID-19, остеонекроз головки бедренной кости, аваскулярный некроз, кортикостероиды.

**Для цитирования:** Мясоедов А.А., Шубняков И.И., Середа А.П., Карелкин В.В., Юнкина Е.А., Березин Г.В. Остеонекроз головки бедренной кости — еще одно наследие COVID-19? *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):49-58. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16764>.

Мясоедов Алексей Андреевич; e-mail: [myasoedov\\_alexei@mail.ru](mailto:myasoedov_alexei@mail.ru)

Рукопись получена: 04.10.2023. Рукопись одобрена: 12.12.2023. Статья опубликована: 15.12.2023.

© Мясоедов А.А., Шубняков И.И., Середа А.П., Карелкин В.В., Юнкина Е.А., Березин Г.В., 2023



## Osteonecrosis of the Femoral Head: Another Legacy of COVID-19?

Alexey A. Myasoedov<sup>1</sup>, Igor I. Shubnyakov<sup>1</sup>, Andrei P. Sereda<sup>1,2</sup>, Vitaliy V. Karelkin<sup>1</sup>, Elizaveta A. Yunkina<sup>1</sup>, Georgiy V. Berezin<sup>1</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.** Recovery from COVID-19 does not always proceed without complications, especially in patients who have suffered severe forms of the disease. Most researchers confirm a significant increase in the incidence of osteonecrosis of the femoral head (ONFH) after COVID-19. However, there is no clear opinion on the individual aspects of the development and course of the disease. This is an extremely important issue that allows us to identify the main risk groups for the development of post-COVID-19 osteonecrosis and, consequently, to perform the earliest possible screening of this complication.

**Aims of the study:** 1) To evaluate the impact of the past COVID-19 on epidemiologic parameters and clinical course of osteonecrosis of the femoral head in patients; 2) to study the causes of its development.

**Methods.** We have analyzed the data of medical histories of 674 patients diagnosed with osteonecrosis of the femoral head who sought medical care in 2018 and in 2022. Patients were divided into 4 groups according to the presumed causes of development of the disease. The first group enrolled 183 patients who underwent COVID-19 and received steroid therapy (ST). The second group included 78 patients who underwent COVID-19 without ST therapy. The third group consisted of 103 patients with ONFH that manifested in 2022 without COVID-19 in the previous medical history. The comparison group was made up of 310 patients who developed ONFH in 2018 before the appearance of the SARS-CoV-2 virus.

**Results.** The sample of patients with COVID-19-associated osteonecrosis differed significantly from patients without COVID-19, in terms of gender, age, time of disease onset, extent of the femoral head damage, and disease progression rate ( $p < 0.001$ ). The level of early ONFH diagnosis was extremely low, not differing from that in the pre-pandemic period.

**Conclusion.** The COVID-19 pandemic has increased the incidence of ONFH, significantly modifying both its epidemiology and clinical picture. Nevertheless, the vigilance of practitioners remains extremely low, which affects the timely diagnosis of the disease.

**Key words:** COVID-19, osteonecrosis of the femoral head, avascular necrosis, diagnosis of osteonecrosis, steroids.

**Cite as:** Myasoedov A.A., Shubnyakov I.I., Sereda A.P., Karelkin V.V., Yunkina E.A., Berezin G.V. Osteonecrosis of the Femoral Head: Another Legacy of COVID-19? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):49-58. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16764>.

✉ Alexey A. Myasoedov; e-mail: [myasoedov\\_alexei@mail.ru](mailto:myasoedov_alexei@mail.ru)

Submitted: 04.10.2023. Accepted: 12.12.2023. Published: 15.12.2023.

© Myasoedov A.A., Shubnyakov I.I., Sereda A.P., Karelkin V.V., Yunkina E.A., Berezin G.V., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Остеонекроз головки бедренной кости (ОГБК) является тяжелым быстро прогрессирующим заболеванием, поражающим в основном лиц молодого работоспособного возраста. Попытки решения проблемы путем эндопротезирования тазобедренного сустава в этом случае представляются сомнительными ввиду их высокой двигательной активности и, как следствие, преждевременного выхода из строя искусственного сустава. До пандемии COVID-19 доля рассматриваемой патологии в структуре обращений за ортопедической помощью, по данным различных источников, составляла 5–15% случаев [1, 2]. Были определены основные группы риска развития ОГБК, а также критерии ранней диагностики, позволяющие наиболее эффективно использовать методики, направленные на предупреждение или отсрочку эндопротезирования тазобедренного сустава [3, 4, 5]. К сожалению, пандемия новой коронавирусной инфекции изменила привычную для всех ситуацию, о чем свидетельствует постоянный рост числа публикаций, посвященных данной тематике [6, 7]. При их анализе мы обнаружили ряд интересных особенностей, затрудняющих систематизацию получаемой информации.

Одни авторы указывают на диаметрально противоположный подход к расставлению акцентов при выполнении исследований. Так, ряд авторов подчеркивают важность изолированной проблемы роста частоты ОГБК, ассоциированной с COVID-19 [7, 8]. Другие ставят во главу угла не рост заболеваемости, а агрессивное течение ОГБК у рассматриваемой категории пациентов [9, 10]. При этом основной механизм сосудистого тромбоза в головке бедренной кости остается неясным. Бесспорно, одной из причин развития ОГБК может быть неконтролируемое применение глюкокортикостероидов (ГКС) [11, 12, 13, 14]. Широкое использование ГКС при лечении пациентов с SARS в 2003 г. для уменьшения воспалительной инфильтрации легких и улучшения оксигенации привело к последующему развитию ОГБК практически у четверти пациентов [15, 16]. Однако нельзя исключать и возможность непосредственного повреждения сосудистой стенки вирусом по аналогии с описанными тромбозами различных органов при менингококцемии, ВИЧ, гепатите, краснухе, ветряной оспе [17, 18, 19, 20]. Также стоит отметить, что значительная часть из найденных нами работ базировалась на ограниченных сериях наблюдений.

**Цели исследования:** 1) оценить влияние перенесенного COVID-19 на эпидемиологические показатели и клиническое течение остеонекроза головки бедренной кости у пациентов; 2) изучить причины его развития.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Одноцентровое ретроспективное поперечное исследование базировалось на данных медицинской документации 674 пациентов с подтвержденным диагнозом «остеонекроз головки бедренной кости нетравматического генеза», обратившихся за медицинской помощью в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в 2018 и 2022 гг.

В соответствии с дизайном исследования пациенты были разделены на 4 группы. Первая группа — 183 пациента с ОГБК вследствие тяжелой формы COVID-19, потребовавшей в ходе стационарного лечения терапии ГКС. Вторая группа — 78 пациентов, перенесших более легкие формы COVID-19, лечившихся в стационаре или на дому без применения ГКС. Третья группа — 103 ОГБК, развившегося в 2022 г. у пациентов, не страдавших ранее COVID-19. Четвертая группа (сравнения) была сформирована из 310 пациентов, у которых ОГБК развился в 2018 г. до появления вируса SARS-CoV-2.

Для первой и второй групп критериями не включения являлись выявление ОГБК до заболевания COVID-19 и случаи посттравматического ОГБК для всех исследуемых групп.

Для оценки корректности получаемых результатов первым этапом было проанализировано соотношение исключенных из исследования пациентов в 2022 и 2018 гг. Параллельно было сопоставлено общее число случаев ОГБК в зависимости от года обращения.

На втором этапе был проведен межгрупповой анализ по следующим параметрам.

1. Распределение пациентов по возрасту и полу.
2. Объем поражения головки бедренной кости.

Расчет производили по результатам компьютерной томографии. Средний радиус поражения вычисляли по формуле:

$$(R1+R2+R3) : N,$$

где  $R1$  — минимальный,  $R2$  — средний,  $R3$  — максимальный радиус очага соответственно,  $N$  — количество измерений.

Затем определяли объем очага некроза по формуле:

$$4/3 \pi R^3,$$

где  $R$  — ранее вычисленный средний радиус поражения.

Окончательный расчет соотношения объема очага остеонекроза к здоровой костной ткани производился по формуле:

$$(\text{объем очага} / \text{объем головки}) \times 100\%.$$

Деление очагов по объему выполнялось в соответствии с классификацией М.Е. Steinberg: до 15% объема головки бедренной кости — малый объем, 15–30% — средний, более 30% — большой [21].

3. Скорость прогрессирования патологического процесса оценивалась по продолжительности «светлого промежутка» от периода первичного болевого синдрома, обусловленного отеком костного мозга, до развития вторичного болевого синдрома, являющегося маркером развития импрессионного перелома нагружаемого полюса головки бедренной кости.

4. Сроки от перенесенного COVID-19 (от момента заболевания новой коронавирусной инфекцией по данным медицинской документации) до появления первичного болевого синдрома в тазобедренном суставе для первой и второй групп. Для пациентов третьей и четвертой групп данный показатель не отслеживали.

На третьем этапе исследования были оценены критерии, влияющие на раннюю постановку диагноза:

- информированность пациентов, перенесших COVID-19, о рисках развития ОГБК;
- частота обращения пациентов при появлении первых симптомов заболевания;
- частота постановки диагноза при первом обращении;
- сроки и причины отсроченной диагностики заболевания при условии своевременного обращения пациента.

**Статистический анализ**

Расчеты производились в программах Excel for Windows (Microsoft, США) и SPSS v. 26.0. Для обобщения первичных результатов, полученных из индивидуальных регистрационных карт пациентов, использовались методы описательной статистики: математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение, медиана, квартили, минимум/максимум. При сравнении качественных показателей использованы  $\chi^2$ -критерий Пирсона, парный и непарный *t*-критерии Стьюдента. Для параметров, распределение которых отличалось от нормального, использовали непараметрические тесты, в частности критерий Манна–Уитни, критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Число исключенных из исследования пациентов согласно вышеуказанным критериям относительно общего числа обращений между 2022 и 2018 гг. не показало статистически значимой разницы. При этом в 2022 г. выявлен статистически значимый рост общей частоты ОГБК. Также в 2022 г. отмечено снижение случаев остеонекроза нетравматического генеза за счет увеличения случаев ОГБК, связанного с COVID-19 (табл. 1).

Последующий межгрупповой анализ показал численное преобладание пациентов, получавших терапию ГКС при лечении COVID-19 (группа 1) над всеми остальными формами ОГБК в 2022 г. (группы 2 и 3). Также пациенты группы 1 статистически значимо отличались по возрасту и полу от всех остальных изучаемых групп. Однако не было выявлено статистически значимых различий по всем вышеуказанным критериям между пациентами с COVID-19 без терапии ГКС (группа 2), иными формами остеонекроза в 2022 г. (группа 3) и пациентами с ОГБК в 2018 г. (группа 4) (табл. 2).

При изучении объемов поражения головки бедренной кости было установлено, что у пациентов, получавших ГКС при лечении COVID-19, фиксировались исключительно очаги большого и среднего размеров, что значимо отличало группу 1 от всех остальных групп, в которых статистически значимого различия по объему поражения головки бедренной кости зафиксировано не было. Также наблюдалась стойкая тенденция к преобладанию средних очагов над малыми и малых над крупными. Не менее чем в 80% случаев в группах 2, 3 и 4 развитие крупных очагов было сопряжено с исходной терапией ГКС по сопутствующей патологии. В группе 1 подобной тенденции отмечено не было. В свою очередь более крупные очаги у пациентов, получавших ГКС для терапии тяжелых форм COVID-19, приводили к более быстрому развитию импрессионного перелома головки бедренной кости, тогда как между группами 2, 3 и 4 статистически значимого различия по данному показателю не наблюдалось (табл. 3).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика пациентов с ОГБК**

Показатель	2022	2018	$p$ 2022 vs 2018
Общее число обращений, <i>n</i>	592	509	<0,001
Исключены из исследования, <i>n</i> / %	228 / 38,5	198 / 38,9	0,503
Пациенты, включенные в исследование, <i>n</i>	364	310	<0,001
Прирост случаев ОГБК нетравматического генеза в 2022 г., %	14,8	–	–
Этиология ОГБК			
COVID-19 / иные причины, <i>n</i>	261 / 103	310	<0,001
% соотношение	71,7 / 28,3	100	–

Таблица 2

**Сравнение пациентов четырех групп по числу случаев ОГБК, полу и возрасту**

Показатель	2022 г.			2018 г.	<i>p</i> 1 vs 2 1 vs 3 1 vs 4	<i>p</i> 2 vs 3	<i>p</i> 2 vs 4	<i>p</i> 3 vs 4
	Группа 1 (1)	Группа 2 (2)	Группа 3 (3)	Группа 4 (4)				
Случаев, <i>n</i>	183	78	103	310		<0,001	<0,001	<0,001
Возраст, лет								
Me / межквартильный диапазон (min-max)	56/18 (21–79)	43/11 (25–58)	41,5/11,6 (27–60)	42,4/12,3 (25–57)	<0,001 во всех случаях	0,873	0,236	0,353
Возраст >50 лет, <i>n</i> / %	134 / 73,2	9 / 11,5	12 / 11,6	35 / 11,3		0,960	0,502	0,601
Муж. / жен.								
<i>n</i>	102 / 81	57 / 21	75 / 28	226 / 84		0,786	0,202	0,516
% соотношение	55,7 / 44,3	73,1 / 26,9	72,8 / 27,2	72,9 / 27,1		–	–	–

Таблица 3

**Сравнение пациентов трех групп по объему поражения головки бедренной кости, приему ГКС, сопутствующей патологии и скорости развития импрессионного перелома головки бедренной кости**

Показатель	2022 г.			2018 г.	<i>p</i> 1 vs 2 1 vs 3 1 vs 4	<i>p</i> 2 vs 3	<i>p</i> 2 vs 4	<i>p</i> 3 vs 4
	Группа 1 (1)	Группа 2 (2)	Группа 3 (3)	Группа 4 (4)				
Объем поражения ГБК								
до 15%, <i>n</i> / %	–	24 / 30,8	31 / 30,1	93 / 30		0,541	0,338	0,526
15–30%, <i>n</i> / %	103 / 56,3	43 / 55,1	57 / 55,3	171 / 55,2		0,790	0,432	0,801
более 30%, <i>n</i> / %	80 / 43,7	11 / 14,1	15 / 14,6	46 / 14,8		0,756	0,371	0,534
Исходная терапия ГКС* при очагах >30%, <i>n</i> / %	6 / 7,5	8 / 81,8	12 / 80	37 / 80,4	<0,001 во всех случаях	<0,001	<0,001	0,603
Сроки развития импрессионного перелома, мес.								
Me / межквартильный диапазон (min-max)	6/4,6 (3–12)	8/4,1 (3–17)	8,2/4 (3–16)	8/3,9 (3–16)		0,514	0,385	0,472

\* По поводу заболеваний до инфицирования SARS-CoV-2.

При сравнении групп 1 и 2 по времени, прошедшему от перенесенного COVID-19 до развития первичного болевого синдрома в тазобедренном суставе, была установлена статистически значимая связь сроков манифестации заболевания с терапией ГКС. Так, у пациентов группы 1 сроки от момента реконвалесценции до периода первых болей в суставе были более короткими и менее вариабельными в отличие от группы 2. Также следует отметить, что ряд пациентов группы 1 предъявляли жалобы на первичный болевой синдром, возникший в ходе терапии COVID-19 ГКС, в то время как в группе 2 такие случаи отсутствовали (табл. 4).

Как показал опрос, ни один из пациентов, перенесших COVID-19, не был предупрежден о воз-

можности данного осложнения. Подавляющее большинство пациентов вне зависимости от этиологии остеонекроза обращались за амбулаторной помощью при первых проявлениях заболевания. Своевременная постановка диагноза ОГБК, ассоциированного и не ассоциированного с COVID-19, составила 10,6 и 10,7% случаев соответственно. Остальные пациенты наблюдались неврологами с подозрением на патологию поясничного отдела позвоночника. В данном случае диагноз ставился только при развитии яркой клинической картины, обусловленной коллапсом головки бедренной кости на сроках 4,2 и 6,0 мес. для остеонекроза, ассоциированного и не ассоциированного с COVID-19 соответственно (табл. 5).

Таблица 4

**Сроки развития первичного болевого синдрома в тазобедренном суставе в зависимости от наличия терапии ГКС**

Показатель	Группа 1 (1)	Группа 2 (2)	<i>p</i> 1vs2
Сроки первичных проявлений ОГБК, мес. Me / межквартильный диапазон (min-max)	3/5 (0–18)	8/7 (0–17)	<0,001 во всех случаях
Появление болей в ТБС в период ГКС-терапии COVID-19, <i>n</i> / %	11 / 6	0	

Таблица 5

**Настороженность врачей и своевременность постановки диагноза у пациентов с остеонекрозом, ассоциированным и не ассоциированным с COVID-19**

Показатель	Случаи остеонекроза с COVID-19 в анамнезе <i>n</i> = 261	Случаи остеонекроза, не связанные с COVID-19 <i>n</i> = 413	<i>p</i>
Предупреждены о риске ОГБК, <i>n</i>	0	0	–
Обратились в поликлинику при первых симптомах ОГБК, <i>n</i> / %	235 / 90	365 / 88,4	0,268
Своевременная диагностика ОГБК, <i>n</i> / %	25 / 10,6	39 / 10,7	0,704
Наблюдались неврологами без подозрения на ОГБК, <i>n</i> / %	210 / 89,4	326 / 89,3	0,621
Сроки постановки диагноза от дебюта ОГБК, мес. Me / межквартильный диапазон (min-max)	4,2/1,3 (2–17)	6/2,1 (1–18)	<0,001 –

**ОБСУЖДЕНИЕ**

Выздоровление после COVID-19 не всегда проходит без осложнений, особенно у пациентов, перенесших тяжелые формы заболевания. Помимо общих проявлений, таких как слабость, одышка, беспокойство и депрессия, все чаще появляются сообщения об остеонекрозе головки бедренной кости, ассоциированном с COVID-19 [22, 23]. По мнению ряда авторов, это является крайне настораживающим фактором, поскольку ОГБК отличается быстро прогрессирующим течением [24, 25]. Нетрудно предположить, что увеличение числа подобных пациентов станет тяжелым бременем для системы здравоохранения [26, 27]. Поэтому своевременная диагностика имеет решающее значение для лечения ранних стадий остеонекроза, позволяя рассчитывать на сохранение пораженного сустава. Подобная необходимость продиктована указанием на наличие очагов ишемии, значительно превышающих 30% от объема головки бедренной кости [13, 28]. Эти изменения сужают возможности органосохраняющих методов лечения до использования декомпрессии только на стадии отека костного мозга [29, 30, 31]. В свою очередь ранний скрининг ОГБК практически невозможен без понимания условий развития и особенностей клинического течения ОГБК [32, 33, 34].

Пандемия новой коронавирусной инфекции не только вызвала рост общей частоты ОГБК в структуре пациентов, но и в значительной степени потеснила другие формы нетравматического остеонекроза по сравнению с 2018 г. Схожая тенденция была отмечена J.O. Okewunmi с соавторами. При анализе более миллиона операций эндопротезирования тазобедренного сустава они указали на значительный рост ОГБК в 2021 г. относительно допандемийного 2016 г. [32]. Мы установили, что увеличение частоты случаев ОГБК, ассоциированного с COVID-19 (более 70%), приходилось на пациентов, получавших терапию ГКС по поводу тяжелых форм коронавирусной инфекции, что полностью подтверждает результаты исследования J.O. Okewunmi с соавторами.

При более детальном анализе выявлена значительная разнородность перенесших COVID-19 пациентов по критерию получения ГКС в острой фазе заболевания. Так, средний возраст и гендерный состав пациентов во второй группе (лечение COVID-19 без ГКС) был сопоставим с пациентами, не страдавшими коронавирусной инфекцией. Пациенты первой группы (COVID-19 + ГКС) были в среднем значительно старше. Данная особенность была преимущественно связана с атипичным возрастом развития остеонекроза. Максимальный зафиксированный показатель составил 79 лет, тог-

да как в остальных группах этот показатель не превышал 60 лет. Подобная тенденция прослеживается в исследовании А.В. Глухова с соавторами. По их данным, частота ОГБК после перенесенной коронавирусной инфекции у пациентов старше 50 лет приближалась к 30% [35]. Мы выявили закономерность развития ОГБК у пациентов старше 60 лет, перенесших легкие формы COVID-19, но получавших ГКС по поводу сопутствующей патологии.

По объему поражения головки бедренной кости также было выявлено значительное различие между первой и другими группами исследования. У пациентов данной группы зафиксированы только средние и крупные очаги поражения при полном отсутствии малых, в остальных группах преобладали средние и малые очаги. При этом обширные очаги в данных группах были четко связаны с терапией ГКС, тогда как в первой группе (COVID-19 + ГКС) такой зависимости установлено не было. Необходимо также отметить, что у пациентов первой группы значимо раньше развивался перелом нагружаемого полюса головки бедренной кости по сравнению с другими группами исследования.

Исследование сроков развития первичного болевого синдрома с момента реконвалесценции от новой коронавирусной инфекции также показало значительное различие. Пациенты первой группы начинали ощущать болевой синдром гораздо раньше пациентов других групп, в которых гормонотерапия не применялась. Помимо этого, в первой группе были зафиксированы прецеденты развития первичного болевого синдрома еще на этапе ГКС терапии, тогда как во второй группе исследования таких случаев не было.

Нам не удалось обнаружить четкой связи вируса SARS-CoV-2 с развитием ОГБК. Тем не менее раннее начало болевого синдрома, более быстрое и обширное поражение головки бедренной кости косвенно свидетельствуют о комбинированном воздействии вируса и гормональной терапии. Опять же следует отметить, что ГКС применялись при тяжелых формах COVID-19, а значит, вирусная нагрузка и вероятность развития микротромбозов была выше. Исходя из этого пациенты, перенесшие COVID-19, особенно потребовавшие назначения ГКС-терапии, должны быть обязательно осведомлены о риске развития остеонекроза и симптомах, указывающих на развитие данного заболевания. В данном случае более ранние сроки развития перелома нагружаемого полюса головки бедренной кости в первой группе пациентов с COVID-19, по всей видимости, также были обусловлены обшир-

ными очагами и, следовательно, более агрессивным течением заболевания по сравнению с иными случаями развития ОГБК.

Мы выявили крайне низкую настороженность врачей относительно риска развития данного осложнения. Так, диагностика ОГБК на ранних стадиях у рассматриваемой категории пациентов, несмотря на многочисленные публикации, не превышала 11% случаев. Во всех остальных вариантах клиническая картина ошибочно принималась за патологию поясничного отдела позвоночника, по поводу которого пациенты получали консервативное лечение вплоть до развития коллапса головки бедренной кости. Исходя из этого, стоит подчеркнуть, что все врачи вне зависимости от их специализации должны быть предупреждены о высоких рисках и возможных негативных последствиях поздней диагностики ОГБК. Это с большой долей вероятности позволит осуществить раннюю диагностику (до отграничения очага остеонекроза) и лечение, позволяющее в некоторых случаях рассчитывать на сохранение поврежденного сустава.

#### Ограничение исследования

Наше исследование, как и большинство подобных работ, имеет существенное ограничение по размерам групп наблюдения, но выявленные нами факторы должны учитываться специалистами, работающими с пациентами, перенесшими COVID-19.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С развитием пандемии COVID-19 структура остеонекроза головки бедренной кости претерпела значительные эпидемиологические, патоморфологические и, соответственно, клинические изменения. Нам удалось зафиксировать значительный рост рассматриваемой патологии и увеличение среднего возраста пациентов относительно допандемических показателей. Также в первой группе наблюдалось атипичное гендерное разделение пациентов. Помимо этого, было зафиксировано более агрессивное течение заболевания ввиду исходно большего объема поражения головки бедренной кости, особенно у пациентов, получавших лечение глюкокортикостероидами при лечении новой коронавирусной инфекции. Тем не менее настороженность практикующих врачей остается крайне низкой. Подобный подход в будущем с высокой долей вероятности может привести к росту потребности в выполнении первичного и, соответственно, ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава, значительно увеличив нагрузку на систему здравоохранения в целом.

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

Мясоедов А.А. — концепция исследования, интерпретация и анализ полученных данных, статистическая обработка полученных данных, написание текста статьи.

Шубняков И.И. — анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка полученных данных, редактирование текста статьи.

Середа А.П. — сбор и обработка данных, редактирование текста статьи.

Карелкин В.В. — сбор и обработка материала.

Юнкина Е.А. — сбор и обработка материала.

Березин Г.В. — сбор и обработка материала.

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**

Myasoedov A.A. — study concept, data analysis and interpretation, statistical analysis of results, writing the article.

Shubnyakov I.I. — data analysis and interpretation, statistical analysis of results, writing the article.

Sereda A.P. — data collection and processing, drafting the article.

Karelkin V.V. — data collection and processing.

Yunkina E.A. — data collection and processing.

Berezin G.V. — data collection and processing.

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. Руководство по хирургии тазобедренного сустава. Под ред. Р.М. Тихилова, И.И. Шубнякова. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2014. Т. 1. с. 155-173. Guidelines on hip surgery. Ed. by R. Tikhilov, I. Shubnyakov. St. Petersburg; 2014. Vol. 1. p. 155-173. (In Russian).
2. Mont M.A., Cherian J.J., Sierra R.J., Jones L.C., Lieberman J.R. Nontraumatic Osteonecrosis of the Femoral Head: Where Do We Stand Today? A Ten-Year Update. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(19):1604-1627. doi: 10.2106/JBJS.O.00071.
3. Hines J.T., Jo W.L., Cui Q., Mont M.A., Koo K.H., Cheng E.Y. et al. Osteonecrosis of the Femoral Head: an Updated Review of ARCO on Pathogenesis, Staging and Treatment. *J Korean Med Sci.* 2021;36(24):e177. doi: 10.3346/jkms.2021.36.e177.
4. Mont M.A., Salem H.S., Piuze N.S., Goodman S.B., Jones L.C. Nontraumatic Osteonecrosis of the Femoral Head: Where Do We Stand Today?: A 5-Year Update. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(12):1084-1099. doi: 10.2106/JBJS.19.01271.
5. Корыткин А.А., Зыкин А.А., Захарова Д.В., Новикова Я.С. Применение обогащенной тромбоцитами плазмы при замещении очага аваскулярного некроза головки бедренной кости аллотрансплантатами. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(1):115-122. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-115-122. Korytkin A.A., Zykin A.A., Zakharova D.V., Novikova Y.S. Bone grafting enhanced by platelet-rich plasma in treatment of avascular necrosis of femoral head. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(1):115-122. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-115-122.
6. Sinha P.R., Mallick N., Sahu R.L. Avascular Necrosis of the Hip after the COVID-19 Pandemic. *J Pharm Bioallied Sci.* 2023;15(Suppl 1):S661-S664. doi: 10.4103/jpbs.jpbs 87 23.
7. Hassan A.A.A., Khalifa A.A. Femoral head avascular necrosis in COVID-19 survivors: a systematic review. *Rheumatol Int.* 2023;43(9):1583-1595. doi: 10.1007/s00296-023-05373-8. Epub ahead of print.
8. Shetty G.M. Double Trouble-COVID-19 and the Widespread Use of Corticosteroids: Are We Staring at an Osteonecrosis Epidemic? *Indian J Orthop.* 2021;56(2):226-236. doi: 10.1007/s43465-021-00546-8.
9. Dhanasekararaja P., Soundarajan D., Kumar K.S., Pushpa B.T., Rajkumar N., Rajasekaran S. Aggressive Presentation and Rapid Progression of Osteonecrosis of the Femoral Head After COVID-19. *Indian J Orthop.* 2022;56(7):1259-1267. doi: 10.1007/s43465-022-00635-2.
10. Agarwala S., Vijayvargiya M., Sawant T., Kulkarni S. Bisphosphonates for Post-COVID Osteonecrosis of the Femoral Head: Medical Management of a Surgical Condition. *JBJS Open Access.* 2022;7(4):e22.00060. doi: 10.2106/JBJS.OA.22.00060.
11. Leung T., Chan A., Chan E., Chan V., Chui C., Cowling B. et al. Short-and potential long-term adverse health outcomes of COVID-19: a rapid review. *Emerg Microbes Infect.* 2020;9(1):2190-2199. doi: 10.1080/22221751.2020.1825914.
12. Mahase E. Covid-19: What do we know about «long covid»? *BMJ.* 2020;370:m2815. doi: 10.1136/bmj.m2815.

13. Ardakani M.V., Parviz S., Ghadimi E., Zamani Z., Salehi M., Firoozabadi M.A. et al. Concomitant septic arthritis of the hip joint and femoral head avascular necrosis in patients with recent COVID-19 infection: a cautionary report. *J Orthop Surg Res.* 2022;17(1):302. doi: 10.1186/s13018-022-03192-4.
14. Powell C., Chang C., Naguwa S.M., Cheema G., Gershwin M.E. Steroid induced osteonecrosis: An analysis of steroid dosing risk. *Autoimmun Rev.* 2010;9(11):721-743. doi: 10.1016/j.autrev.2010.06.007.
15. Zhang S., Wang C., Shi L., Xue Q. Beware of steroid-induced avascular necrosis of the femoral head in the treatment of COVID-19-Experience and lessons from the SARS epidemic. *Drug Des Devel Ther.* 2021;15:983-995. doi: 10.2147/DDDT.S298691.
16. Guo K.J., Zhao F.C., Guo Y., Li F.L., Zhu L., Zheng W. The influence of age, gender and treatment with steroids on the incidence of osteonecrosis of the femoral head during the management of severe acute respiratory syndrome: A retrospective study. *Bone Joint J.* 2014; 96-B(2):259-262. doi: 10.1302/0301-620X.96B2.31935.
17. Edler C., Schröder A.S., Aepfelbacher M., Fitzek A., Heinemann A., Heinrich F. et al. Dying with SARS-CoV-2 infection-an autopsy study of the first consecutive 80 cases in Hamburg, Germany. *Int J Legal Med.* 2020;134(4):1275-1284. doi: 10.1007/s00414-020-02317-w.
18. Fahmy O.H., Daas F.M., Salunkhe V., Petrey J.L., Cosar E.F., Ramirez J. et al. Is microthrombosis the main pathology in coronavirus disease 2019 severity? A systematic review of the postmortem pathologic findings. *Critical Care Explor.* 2021;3(5):e0427. doi: 10.1097/CCE.0000000000000427.
19. Chacko A., Babu M., Thomas D.K. Osteonecrosis of bilateral femoral head in a post COVID-19 patient: Case report. *Int J Res Orthop.* 2021;7(3):674-678. doi: 10.18203/issn.2455-45.
20. Wichmann D., Sperhake J.-P., Lütgehetmann M., Steurer S., Edler C., Heinemann A. et al. Autopsy findings and venous thromboembolism in patients with COVID-19: a prospective cohort study. *Ann Intern Med.* 2020;173(4):268-277. doi: 10.7326/M20-2003.
21. Steinberg M.E., Hayken G.D., Steinberg D.R. A quantitative system for staging avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:34-41.
22. Muthu S., Jeyaraman M., Selvaraj P., Jeyaraman N., Potty A.G., Gupta A. Dose-Response Meta-Analysis of Corticosteroid Effects in SARS Outbreak: A Model for Risk Stratification and Screening Strategy for Osteonecrosis of Femoral Head Post-Corticosteroid Therapy for COVID-19. *Life (Basel).* 2023;13(4):907. doi: 10.3390/life13040907.
23. Disser N.P., De Micheli A.J., Schonk M.M., Konnaris M.A., Piacentini A.N., Edon D.L. et al. Musculoskeletal Consequences of COVID-19. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(14):1197-1204. doi: 10.2106/JBJS.20.00847.
24. Takashima K., Iwasa M., Ando W., Uemura K., Hamada H., Mae H. et al. MRI screening for osteonecrosis of the femoral head after COVID-19. *Mod Rheumatol.* 2023:road095. doi: 10.1093/mr/road095.
25. Zhang S., Wang C., Shi L., Xue Q. Beware of Steroid-Induced Avascular Necrosis of the Femoral Head in the Treatment of COVID-19-Experience and Lessons from the SARS Epidemic. *Drug Des Devel Ther.* 2021;15: 983-995. doi: 10.2147/DDDT.S298691.
26. Середа А.П., Шубняков И.И., Джавадов А.А. Маметов М.В., Тихилов Р.М. Экономика эндопротезирования тазобедренного сустава: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(4): 175-182. doi: 10.17816/2311-2905-1778. Sereda A.P., Shubnyakov I.I., Dzhavadov A.A., Mametov M.V., Tikhilov R.M. Economics of Total Hip Arthroplasty: Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(4):175-182. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1778.
27. Musil D., Šnorek M., Gallo J., Jahoda D., Stehlik J. Economic Analysis of the Costs of Hospital Stay of Patients with Infection as a Complication of Total Replacements - Part 2: Total Hip Arthroplasty. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2019;86(4):241-248. (In Czech).
28. Snowden G.T., Clement N.D., Zhang S., Xue Q., Simpson A.H.R.W. Orthopaedic long COVID - the unknown unknowns: are we facing a pandemic of avascular necrosis following COVID-19? *Bone Joint Res.* 2022;11(1): 10-11. doi: 10.1302/2046-3758.111.BJR-2021-0505.
29. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Мясоедов А.А., Иржанский А.А. Сравнительная характеристика результатов лечения ранних стадий остеонекроза головки бедренной кости различными методами декомпрессии. *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(3):7-21. doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-7-21. Tikhilov R.M., Shubnyakov I.I., Myasoedov A.A., Irzhansky A.A. Comparison of different core decompression techniques for treatment of early stages of osteonecrosis of the femoral head. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2016;22(3):7-21. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-7-21.
30. Zhao D., Zhang F., Wang B., Liu B., Li L., Kim S.Y. et al. Guidelines for clinical diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head in adults (2019 version). *J Orthop Translat.* 2020;21:100-110. doi: 10.1016/j.jot.2019.12.004.
31. Hoogervorst P., Campbell J.C., Scholz N., Cheng E.Y. Core Decompression and Bone Marrow Aspiration Concentrate Grafting for Osteonecrosis of the Femoral Head. *J Bone Joint Surg Am.* 2022;104(Suppl 2):54-60. doi: 10.2106/JBJS.20.00527.
32. Okewunmi J.O., Duey A.H., Zubizarreta N., Kodali H., Poeran J., Hayden B.L. et al. Did the COVID-19 Pandemic Coincide With an Increase in Osteonecrosis as Indication for Total Hip Arthroplasty in Older Patients? *J Arthroplasty.* 2023:S0883-5403(23)00643-5. doi: 10.1016/j.arth.2023.06.007.
33. Chen F., Hao L., Zhu S., Yang X., Shi W., Zheng K. et al. Potential Adverse Effects of Dexamethasone Therapy on COVID-19 Patients: Review and Recommendations. *Infect Dis Ther.* 2021;10(4):1907-1951. doi: 10.1007/s40121-021-00500-z.
34. Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К., Шмелев А.В. Патологические изменения костно-суставной системы на фоне лекарственной терапии COVID-19 (обзор литературы). *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 2022;181(2):85-91. doi: 10.24884/0042-4625-2022-181-2-85-91. Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K., Shmelev A.V. Pathological changes in the osteoarticular system during COVID-19 drug therapy (review of literature). *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2022;181(2):85-91. (In Russian). doi: 10.24884/0042-4625-2022-181-2-85-91.

35. Глухов А.В., Лапухин А.О., Гусев С.С. Ранняя диагностика и лечение асептического некроза костей в аспекте перенесенного COVID-19. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2023;(3):29-37. doi: 10.25016/2541-7487-2023-0-3-29-37.

Glukhov A.V., Lapukhin A.O., Gusev S.S. Early diagnosis and treatment of aseptic bone necrosis amid COVID-19 consequences. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2023;(3):29-37. (In Russian). doi: 10.25016/2541-7487-2023-0-3-29-37.

#### **Сведения об авторах**

✉ *Мясоедов Алексей Андреевич* — канд. мед. наук  
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
ул. Академика Байкова, д. 8  
<https://orcid.org/0009-0007-5995-7287>  
e-mail: myasoedov\_alexei@mail.ru

*Шубняков Игорь Иванович* — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>  
e-mail: shubnyakov@mail.ru

*Серёда Андрей Петрович* — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>  
e-mail: drsereda@gmail.com

*Карелкин Виталий Владимирович* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0009-0005-3020-2417>  
e-mail: vvkarelkin@rniito.ru

*Юнкина Елизавета Алексеевна*  
<https://orcid.org/0009-0004-4087-595X>  
e-mail: eazemlyanskaya@rniito.ru

*Березин Георгий Владимирович*  
<https://orcid.org/0009-0000-9331-9704>  
e-mail: gvberezin@rniito.ru

#### **Authors' information**

✉ *Alexey A. Myasoedov* — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,  
Russia  
<https://orcid.org/0009-0007-5995-7287>  
e-mail: myasoedov\_alexei@mail.ru

*Igor I. Shubnyakov* — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-0218-3106>  
e-mail: shubnyakov@mail.ru

*Andrei P. Sereda* — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>  
e-mail: drsereda@gmail.com

*Vitaliy V. Karelkin* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0009-0005-3020-2417>  
e-mail: vvkarelkin@rniito.ru

*Elizaveta A. Yunkina*  
<https://orcid.org/0009-0004-4087-595X>  
e-mail: eazemlyanskaya@rniito.ru

*Georgiy V. Berezin*  
<https://orcid.org/0009-0000-9331-9704>  
e-mail: gvberezin@rniito.ru



Научная статья  
УДК 616.718.5/6-001.5-089  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-16493>

## Результаты лечения пациентов с переломами лодыжек и заднего края большеберцовой кости с использованием различных вариантов хирургической техники

Г.Д. Сергеев<sup>1,2</sup>, И.Г. Беленький<sup>1,2</sup>, Ю.В. Рефицкий<sup>1</sup>, В.Е. Савелло<sup>1</sup>,  
Б.А. Майоров<sup>1,2,3</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> ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиническая межрайонная больница», г. Всеволожск, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Почти у половины пациентов перелом лодыжек сопровождается повреждением заднего края большеберцовой кости (ББК). Результаты проведенных исследований противоречивы и не дают однозначного ответа на вопрос о необходимости фиксации заднего фрагмента ББК.

**Цель исследования** — сравнить рентгенологические и функциональные результаты различных вариантов остеосинтеза фрагмента заднего края большеберцовой кости при нестабильных переломах лодыжек с использованием заднелатерального и заднемедиального хирургических доступов.

**Материал и методы.** В проспективное с ретроспективной группой сравнения многоцентровое исследование включены 132 пациента со сложными переломами лодыжек и заднего отдела ББК, которые были разделены на три группы в зависимости от методики фиксации заднего края. В первой группе (70 пациентов) репозиция фрагмента заднего края ББК выполнялась закрытым способом, а его остеосинтез был выполнен малоинвазивно стягивающими винтами, проведенными в направлении спереди назад. Во второй группе (33 пациента) выполняли открытую репозицию и внутреннюю фиксацию фрагмента заднего края ББК из заднелатерального хирургического доступа. В третьей группе (29 пациентов) были выполнены открытая репозиция и остеосинтез заднего края ББК через заднемедиальный или модифицированный заднемедиальный доступ. Оценка функциональных и рентгенологических результатов лечения производилась в сроки 12, 24 и 48 нед. после операции остеосинтеза по шкалам AOFAS и Neer.

**Результаты.** Консолидация перелома у всех пациентов наступила в среднем через  $8,3 \pm 0,8$  нед. Анализ срезов послеоперационной СКТ показал, что применение задних доступов обеспечило статистически значимо более точную репозицию фрагментов заднего края ББК. Функциональные результаты пациентов второй (заднелатеральный доступ) и третьей (заднемедиальный доступ) групп на сроках наблюдения 24 и 48 нед. статистически значимо превосходили показатели первой группы. По шкале AOFAS на сроке 48 нед. после операции медиана значений у пациентов второй группы составила 86 баллов, у пациентов третьей группы — 90 баллов, по шкале Neer — 88 и 94 баллов соответственно.

**Заключение.** Применение задних доступов при хирургическом лечении пациентов со сложными переломами лодыжек и заднего края большеберцовой кости позволяет добиться более точной открытой репозиции отломков по сравнению с закрытой. Эти пациенты демонстрируют более высокие среднесрочные функциональные результаты.

**Ключевые слова:** перелом лодыжек, перелом большеберцовой кости, заднемедиальный доступ, заднелатеральный доступ, остеосинтез лодыжек.

**Для цитирования:** Сергеев Г.Д., Беленький И.Г., Рефицкий Ю.В., Савелло В.Е., Майоров Б.А. Результаты лечения пациентов с переломами лодыжек и заднего края большеберцовой кости с использованием различных вариантов хирургической техники. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):59-68. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16493>.

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

Рукопись получена: 27.09.2023. Рукопись одобрена: 09.11.2023. Статья опубликована онлайн: 22.11.2023.

© Сергеев Г.Д., Беленький И.Г., Рефицкий Ю.В., Савелло В.Е., Майоров Б.А., 2023



## Results of Surgical Treatment of Ankle and Posterior Malleolus Fractures Using Different Surgical Techniques

Gennadii D. Sergeev<sup>1,2</sup>, Igor' G. Belen'kiy<sup>1,2</sup>, Yurii V. Refitskii<sup>1</sup>, Viktor E. Savello<sup>1</sup>, Boris A. Maiorov<sup>1,2,3</sup>

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

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

<sup>3</sup> Interdistrict Clinical Hospital of Vsevolozhsk, Vsevolozhsk, Russia

### Abstract

**Background.** Almost half of the patients with ankle fractures have fracture of the posterior malleolus. Conclusions of the existing studies are contradictory and do not provide a decisive answer to the question of the need for fixation of the posterior tibial fragment.

**Aim of the study** — to compare the radiologic and functional outcomes of osteosynthesis of the posterior tibial fragment in unstable ankle fractures using closed reduction and minimally invasive technique and direct open reduction using posterolateral and posteromedial surgical approaches.

**Methods.** Prospective multicenter study enrolled 132 patients with complex ankle and posterior malleolus fractures. They were divided into three groups depending on the technique of fixation of posterior tibia. Functional and radiologic results of treatment were assessed at 12, 24, and 48 weeks after osteosynthesis. The AOFAS and Neer scales were used.

**Results.** Bone union occurred in all patients at an average of  $8.3 \pm 0.8$  weeks after surgery. Analysis of postoperative CT scans showed that the use of posterior approaches provided statistically significantly more precise reduction of the fragments of posterior tibia. Functional results of patients of the second (posterolateral approach) and third (posteromedial approach) groups at 24 and 48 weeks of follow-up were statistically significantly superior to those of the first group. The median AOFAS score at 48 weeks of follow-up was 86 for group 2 patients and 90 — for group 3. The median scores on the Neer scale were 88 and 94 points respectively.

**Conclusion.** Posterior approaches in the surgical treatment of patients with complex ankle and posterior malleolus fractures allow for more precise fragment open reduction compared to closed one. These patients also show better mid-term functional outcomes.

**Keywords:** ankle fracture, posterior malleolus fracture, tibia fracture, posteromedial approach, posterolateral approach.

**Cite as:** Sergeev G.D., Belen'kiy I.G., Refitskii Yu.V., Maiorov B.A., Savello V.E. Results of Surgical Treatment of Ankle and Posterior Malleolus Fractures Using Different Surgical Techniques. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):59-68. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16493>.

✉ Igor' G. Belen'kiy; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Submitted: 27.09.2023. Accepted: 09.11.2023. Published Online: 22.11.2023.

© Sergeev G.D., Belen'kiy I.G., Refitskii Yu.V., Savello V.E., Maiorov B.A., 2023

**ВВЕДЕНИЕ**

Переломы лодыжек составляют 4–9% от всех переломов костей скелета, при этом в 46% случаев эти травмы ассоциированы с повреждением заднего края большеберцовой кости (ББК) [1, 2].

Несмотря на то, что травматологи имеют большой опыт лечения пациентов со сложными переломами лодыжек, вопрос о необходимости остеосинтеза фрагмента заднего края ББК все еще обсуждается. Общепринятая ранее практика воздерживаться от фиксации, если его размер менее 25–33% от суставной поверхности, сейчас уступает подходу, согласно которому все поврежденные структуры голеностопного сустава должны быть восстановлены [3]. Результаты ряда исследований продемонстрировали, что наличие перелома заднего края ББК независимо от размера фрагмента негативно влияет на исход лечения [3, 4].

Стремление систематизировать подходы к хирургическому лечению переломов заднего края ББК привело к созданию относительно новых классификаций этих повреждений, основанных на данных спиральной компьютерной томографии (СКТ). N. Naguchi с соавторами предложили разделить переломы заднего края ББК на три типа в зависимости от размера фрагмента [5]. J. Bartonicek с соавторами разделили эти травмы на четыре типа в зависимости от степени вовлечения в перелом малоберцовой вырезки [6]. И те и другие авторы считают, что все переломы заднего края ББК, которые технически могут быть зафиксированы, должны быть зафиксированы. Только так называемые переломы в виде скорлупы по классификации N. Naguchi или внеинцизурные переломы по классификации J. Bartonicek требуют фиксации дистального межберцового синдесмоза позиционным винтом в силу отсутствия технической возможности выполнить остеосинтез заднего края ББК [5, 6].

Технически остеосинтез перелома заднего края ББК можно выполнить с использованием закрытой репозиции с введением винтов спереди назад или открытой репозиции с введением винтов сзади наперед. В отношении функциональных результатов хирургического лечения пациентов обсуждаемого профиля в зависимости от применяемого способа фиксации в научной литературе нет единого мнения. K. Pilskog с соавторами сообщают о сходных показателях оценки функции голеностопного сустава при применении традиционного и задних доступов [1]. С другой стороны, S. Erinc и N. Sam при оценке функциональных результатов по шкалам SF-36 и FAOS получили данные, свидетельствующие в пользу применения задних доступов [7].

Существование подобных противоречий и определило актуальность проведения нашего сравнительного исследования.

*Цель исследования* — сравнить рентгенологические и функциональные результаты остеосинтеза фрагмента заднего края большеберцовой кости при нестабильных переломах лодыжек путем закрытой репозиции с малоинвазивной техникой и прямой открытой репозиции с использованием заднелатерального и заднемедиального хирургических доступов.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ****Дизайн исследования**

Тип исследования — многоцентровое когортное проспективное с ретроспективной группой сравнения.

Исследование выполнено на базе ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» и ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиника межрайонная больница». В исследование вошли 132 пациента, из них 31 мужчина и 101 женщина, находившиеся на стационарном лечении в период с января 2021 по декабрь 2022 г. включительно. Средний возраст пациентов составил  $52,0 \pm 14,1$  лет.

*Критерии включения* пациентов в исследование:

- возраст пациентов старше 18 лет;
- изолированная закрытая травма с переломами типов 44B3 и 44C1.3, C2.3 и C3.3 по классификации AO/ASIF;
- отсутствие хронических заболеваний в стадии суб- и декомпенсации, онкологической патологии и постоянной терапии глюкокортикостероидами;
- давность травмы не более 30 сут.;
- выполненный остеосинтез заднего края ББК, латеральной и/или медиальной лодыжек;
- возможность оценить ближайшие и среднесрочные функциональные результаты.

*Критерии исключения:*

- возраст менее 18 лет;
- наличие переломов лодыжек без повреждения заднего края большеберцовой кости, а также в составе политравмы или множественных переломов;
- наличие хронических заболеваний в стадии суб- и декомпенсации, онкологической патологии или постоянной терапии глюкокортикостероидами;
- застарелый характер травмы;
- проведенное консервативное лечение перелома лодыжек;
- невозможность оценить ближайшие и среднесрочные функциональные результаты.

Всем пациентам был выполнен остеосинтез лодыжек и заднего края ББК. Деление на группы осуществлялось в зависимости от метода репозиции

фрагмента заднего края ББК и применявшегося для фиксации хирургического доступа. Всем пациентам при поступлении в стационар выполняли традиционную рентгенографию в двух проекциях и спиральную компьютерную томограмму (СКТ) для уточнения характера перелома и определения степени вовлеченности заднего края ББК.

В первую группу (ретроспективную группу сравнения) были включены 70 пациентов, которым репозиция фрагмента заднего края ББК выполнялась закрытым способом, а его остеосинтез был выполнен малоинвазивно стягивающими винтами, проведенными в направлении спереди назад. Эта клиническая группа была представлена 20 (29%) мужчинами и 50 (71%) женщинами. Средний возраст пациентов составил  $52,0 \pm 14,0$  лет. У 56 (80%) пациентов был диагностирован перелом лодыжек типа 44B3 по классификации АО/ASIF, у 4 (6%) пациентов — типа 44C1.3, у 2 (3%) — типа 44C2.3 и у 8 (11%) — типа 44C3.3. В соответствии с классификацией J. Bartoníček пациенты распределились следующим образом: у 38 (54%) пациентов диагностирован перелом 2-го типа, у 20 (29%) — 3-го типа и у 12 (17%) — 4-го типа.

Во вторую группу вошли 33 пациента, из них 6 (18%) мужчин и 27 (82%) женщин. В этой группе были выполнены открытая репозиция и внутренняя фиксация фрагмента заднего края ББК из заднелатерального хирургического доступа. Средний возраст пациентов составил  $52,8 \pm 14,4$  лет. Перелом типа 44B3 по классификации АО/ASIF был диагностирован у 27 (82%) пациентов, перелом типа 44C3 — у 6 (18%). Перелом 2-го типа по классификации J. Bartoníček в этой группе пациентов наблюдался в 18 (55%) случаях, 3-го типа — в 9 (27%) и 4-го типа — в 6 (18%).

Третья группа была представлена 29 пациентами, 5 (17%) из которых были мужчинами, а 24 (83%) — женщинами. Пациентам этой группы были выполнены открытая репозиция и остеосинтез заднего края ББК через заднемедиальный или модифицированный заднемедиальный доступ. Изучение целесообразности применения этих двух вариантов заднемедиального доступа при конкретных типах перелома заднего края ББК не входило в задачи настоящего исследования. В связи с этим пациенты были объединены в одну клиническую группу. Из 29 пациентов 17 (59%) получали лечение по поводу перелома лодыжек типа 44B3 по классификации АО/ASIF, у 3 (10%) пациентов был диагностирован перелом лодыжек типа 44C1, у 5 (17%) — типа 44C2 и у 4 (14%) — типа 44C3. У 3 (10%) пациентов был отмечен 2-й тип перелома по классификации J. Bartoníček, у 16 (55%) пациентов по данным СКТ был выявлен перелом 3-го типа и у 10 (34%) пациентов — 4-го типа.

Выбор хирургического доступа для фиксации заднего фрагмента ББК у пациентов второй и третьей групп осуществлялся с учетом полученной при СКТ рентгенологической картины.

### Техника операции

Пациентам первой группы операцию выполняли в положении лежа на спине. В первую очередь им через латеральный доступ производили фиксацию малоберцовой кости пластиной 1/3 трубки и винтами диаметром 3,5 мм. Затем из медиального или переднемедиального доступа двумя винтами для губчатой кости с неполной резьбой диаметром 4,0 мм выполняли остеосинтез медиальной лодыжки. Закрыто под контролем интраоперационной рентгеноскопии выполняли репозицию фрагмента заднего края ББК. Фиксацию его осуществляли стягивающими винтами диаметром 3,5 мм, проведенными в направлении спереди назад. На завершающем этапе операции с помощью интраоперационных нагрузочных тестов и рентгенограмм оценивали стабильность дистального межберцового синдесмоза и при необходимости устанавливали позиционный винт.

Подробно техника оперативного вмешательства, применявшаяся у пациентов второй и третьей групп, описана в наших более ранних работах [8, 9]. Отметим, что пациенты второй группы располагались на операционном столе в положении на животе для удобства выполнения заднелатерального доступа и фиксации отломков заднего края ББК и латеральной лодыжки. Остеосинтез заднего края ББК им выполнялся либо стягивающими винтами диаметром 3,5 мм, либо пластиной 1/3 трубки, выполняющей опорную функцию, и винтами диаметром 3,5 мм. Остеосинтез медиальной лодыжки производился в этом же положении пациента из традиционного медиального доступа винтами для губчатой кости с неполной резьбой диаметром 4,0 мм.

Пациентов третьей группы располагали на операционном столе на спине. Поврежденная нижняя конечность отводилась в тазобедренном суставе и сгибалась в коленном суставе. В этом положении выполняли заднемедиальный доступ, из которого фиксировали задний край ББК и медиальную лодыжку. После этого поврежденную нижнюю конечность разгибали, и остеосинтез латеральной лодыжки производили из традиционного латерального доступа. В этой группе использовались имплантаты, аналогичные применявшимся у пациентов второй группы. Для проверки состояния дистального межберцового синдесмоза у пациентов второй и третьей групп также применяли интраоперационные нагрузочные тесты и рентгенограммы, по результатам которых принимали решение о необходимости установки позиционного винта.

### Послеоперационное ведение

В послеоперационном периоде всем пациентам разрешалась ходьба с дополнительной опорой на костыли. В течение первых 6 нед. было рекомендовано ограничить осевую нагрузку на оперированную конечность, допускалось только касание стопой пола. С 7-й нед. до сращения перелома была разрешена частичная осевая нагрузка весом тела с дополнительной опорой на костыли. Удаление позиционного винта выполняли через 10–12 нед. с момента операции остеосинтеза.

### Оценка результатов

Контрольные рентгенограммы в прямой и боковой проекциях для оценки динамики костного сращения выполнялись через 4, 8 и 10 нед. после остеосинтеза. Критериями консолидации перелома малоберцовой кости являлось формирование костной мозоли и исчезновение линии перелома (при сращении в условиях относительной стабильности) или исчезновение линии перелома (при сращении в условиях абсолютной стабильности). Критерием сращения перелома медиальной лодыжки и заднего края ББК являлось исчезновение линии перелома на контрольных рентгенограммах.

В раннем послеоперационном периоде пациентам для определения точности репозиции и корректности положения металлоконструкций выполнялась контрольная СКТ на аппарате GE Revolution CT ES 512 (General Electric, США). Измерение размера фрагмента заднего края ББК производилось в программе RadiAnt DICOM Viewer (Medixant, Польша).

В ходе исследования мы провели сравнительный анализ следующих параметров: размер фрагмента заднего края ББК, определяемый по сагиттальным срезам СКТ; длительность оперативного вмешательства; длительность госпитализации;

остаточное смещение фрагмента заднего края по длине по данным сагиттальных срезов контрольной СКТ; объем движений и функция сустава по шкалам AOFAS [10] и Neer [11] на сроках 12, 24 и 48 нед. после операции.

### Статистический анализ

Статистический анализ производился с использованием программного обеспечения Statistica 8.0 (StatSoft Inc., США).

Совокупности переменных каждого из изучавшихся показателей были проверены на соответствие закону нормального распределения. Для этого использовали критерии Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Распределение в выборке данных длительности оперативного вмешательства соответствовало нормальному. В связи с этим полученные результаты представлены в виде среднего значения со стандартным отклонением ( $M \pm \sigma$ ). В выборках всех остальных показателей распределение отличалось от нормального, поэтому они представлены в виде медианы с нижним и верхним квартилями —  $Me (Q1; Q3)$ . При сравнительном анализе показатели второй и третьей групп поочередно сравнивались с аналогичными показателями первой группы. Для переменных с нормальным распределением применялся параметрический t-критерий Стьюдента. Для переменных с распределением отличным от нормального применялся непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Относительные величины представлены в процентах. Отличия между выборками считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Числовые значения изученных показателей, а также рассчитанные величины  $p$  представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Исследованные параметры в трех группах пациентов с уровнем статистической значимости**

Параметр	Первая группа	Вторая группа		Третья группа	
		Значение	$p$	Значение	$p$
Длительность госпитализации, дни	14,7 (10; 17)	14 (12; 20)	0,146397	13 (12; 15)	0,871732
Длительность операции, мин.	82,5±33,1	83,9±21,7	0,823438	95,5±20,2	0,053277
Размер фрагмента заднего края, см	1,34 (1,10; 1,73)	1,1 (0,9; 1,6)	<b>0,014867</b>	1,0 (0,7; 1,5)	<b>0,000549</b>
Остаточное смещение фрагмента заднего края после операции, мм	0,91 (0,6; 1,5)	0,45 (0; 1,05)	<b>0,000944</b>	0,5 (0,2; 0,85)	<b>0,000416</b>

Значения представлены в виде  $Me (Q1; Q3)$  для переменных с распределением отличным от нормального и в виде  $M \pm \sigma$  для переменных с нормальным распределением. Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом.

Таблица 2

## Функциональные результаты пациентов трех групп в динамике, Ме (Q1; Q3)

Срок	Параметр	Первая группа	Вторая группа		Третья группа	
			Значение	<i>p</i>	Значение	<i>p</i>
12 нед.	Объем движений, град.	40 (35; 45)	45 (40; 50)	<b>0,000213</b>	40 (35; 45)	0,282958
	AOFAS, баллы	69 (65; 72)	70 (65; 76)	0,171804	67 (64; 70)	0,102455
	Neer, баллы	69 (68; 72)	70 (68; 74)	0,692336	68 (64; 70)	0,342917
24 нед.	Объем движений, град.	65 (60; 70)	75 (65; 80)	<b>0,000379</b>	65 (60; 70)	0,398068
	AOFAS, баллы	80 (76; 82)	84 (80; 85)	<b>0,000956</b>	86 (82; 90)	<b>0,000001</b>
	Neer, баллы	78 (76; 80)	84 (80; 86)	<b>0,000007</b>	88 (84; 92)	<b>0,000000</b>
48 нед.	Объем движений, град.	75 (70; 80)	80 (75; 85)	<b>0,009953</b>	80 (75; 85)	<b>0,025007</b>
	AOFAS, баллы	86 (82; 88)	86 (85; 90,5)	<b>0,037621</b>	90 (86; 95)	<b>0,000155</b>
	Neer, баллы	85 (83; 88)	88 (86; 92)	<b>0,000050</b>	94 (94; 96)	<b>0,000000</b>

Статистически значимые показатели выделены жирным шрифтом.

Длительность госпитализации и продолжительность оперативного вмешательства у пациентов всех трех групп статистически значимо не отличались. Тем не менее можно отметить, что операция с применением заднемедиального доступа длилась в среднем на 12–13 мин. дольше двух других вариантов вмешательства, однако эта разница статистически незначима ( $p = 0,0533$ ).

По данным СКТ у пациентов первой группы были диагностированы статистически значимо более крупные фрагменты заднего края ББК — 1,34 см (1,1; 1,73).

После выполнения операции остеосинтеза остаточное смещение фрагмента заднего края ББК у пациентов первой группы статистически значимо превосходило аналогичные показатели у пациентов второй и третьей групп ( $p = 0,0009$  и  $p = 0,0004$  соответственно). Степень рентгенологически определяемого смещения фрагмента заднего края у пациентов второй и третьей групп в среднем не превышала 0,5 мм, в то время как при закрытой репозиции среднее смещение составило 0,91 мм. Необходимо отметить, что у 10 (14%) пациентов первой группы размер остаточного смещения превышал 2 мм, в то время как во второй группе такое смещение наблюдалось у 1 (3%) пациента, а в третьей группе — ни у одного.

Консолидация переломов констатирована у всех пациентов в среднем на сроке  $8,3 \pm 0,8$  нед. после операции остеосинтеза.

Функциональная оценка результатов лечения производилась на сроках 12, 24 и 48 нед. На сроке 12 нед. после операции только пациенты второй группы продемонстрировали статистически значимо ( $p = 0,0002$ ) больший объем движений в голеностопном суставе. В среднем этот показатель был

равен  $45^\circ$  (40; 50). При оценке по шкалам AOFAS и Neer значимых различий между группами на этом сроке наблюдения отмечено не было.

На сроке 24 нед. после остеосинтеза объем движений в голеностопном суставе пациентов второй группы составил  $75^\circ$  (65; 80) и статистически значимо ( $p = 0,0004$ ) превосходил результаты в первой и третьей группах. При анализе индивидуальных анкет на основе шкал AOFAS и Neer мы установили, что баллы пациентов второй группы были статистически значимо ( $p = 0,001$  и  $p < 0,001$  соответственно) выше, чем у пациентов первой группы. В третьей группе также были отмечены более высокие функциональные результаты по сравнению с первой. Эта разница оказалась статистически значимой (для обеих шкал  $p < 0,001$ ).

Заключительный осмотр с оценкой функции оперированного голеностопного сустава мы выполняли через 48 нед. после хирургического вмешательства. На этом сроке средний объем движений у пациентов второй и третьей групп равнялся  $80^\circ$  (75; 85) и был статистически значимо ( $p = 0,001$  и  $p = 0,025$  соответственно) больше, чем показатель пациентов первой группы —  $75^\circ$  (70; 80). При оценке по шкалам AOFAS и Neer функция голеностопного сустава пациентов второй и третьей групп была статистически значимо лучше, чем у пациентов первой группы. Необходимо отметить, что на сроке 48 нед. медианы для совокупности балльных показателей первой и второй групп оказались близкими (AOFAS — 86 и 86 баллов соответственно при  $p = 0,04$ , Neer — 85 и 88 баллов соответственно при  $p < 0,001$ ). Однако анализ значений нижнего и верхнего квартилей указывает на то, что во второй группе большая часть пациентов продемонстрировала более высокие функциональные результаты.

### Осложнения

В первой группе инфекционных осложнений, несостоятельности фиксации и иных осложнений выявлено не было.

У одного пациента (3%) из второй группы было отмечено развитие на сроке 2 нед. глубокой инфекции послеоперационной раны, что отразилось на функциональном результате. Пациенту были выполнены несколько ревизионных вмешательств на фоне курса этиотропной антибиотикотерапии. Было принято решение не удалять имплантаты до сращения перелома. На сроке 18 нед. после операции остеосинтеза металлоконструкции были удалены, и инфекционный процесс купирован. На сроке 48 нед. пациент демонстрировал объем движений в голеностопном суставе, равный 40°, функциональный результат составил 52 и 46 баллов по шкалам AOFAS и Neer соответственно.

В третьей группе у одного (3%) пациента на сроке 6 нед. после оперативного вмешательства по данным контрольных рентгенограмм были обнаружены несостоятельность фиксации фрагмента медиальной лодыжки и вторичное смещение отломков. Однако от повторной операции пациент отказался. При осмотре через 48 нед. после остеосинтеза объем движений в голеностопном суставе составил 60°, оценка по шкале AOFAS — 56 баллов, по шкале Neer — 50 баллов, что соответствует неудовлетворительному результату.

### ОБСУЖДЕНИЕ

При хирургическом лечении переломов лодыжек, осложненных повреждением заднего края ББК, традиционно считалось, что задний тиббиальный фрагмент, размеры которого составляют 25–33% от суставной поверхности, в фиксации не нуждается [1, 12, 13]. Это подход подкреплялся проведенными биомеханическими исследованиями. Их результаты свидетельствовали о том, что задняя часть суставной поверхности ББК не играет роли при осевой нагрузке на голеностопный сустав весом тела. В связи с этим ее повреждение не приводит к биомеханическим нарушениям при движениях в суставе [14, 15].

Противоположная точка зрения обоснована результатами других исследований, которые систематизированы в работе S. Odak с соавторами. На основе изученных публикаций авторы делают следующее заключение: несмотря на то, что задний край ББК не несет выраженной функциональной нагрузки, его перелом приводит к ненормальному перераспределению этой нагрузки и развитию нестабильности в голеностопном суставе. Это может являться предрасполагающим фактором развития посттравматического остеоартрита [2]. В связи с вышесказанным хирурги стали стремиться к полноценному восстановлению структурной

целостности голеностопного сустава при оперативном лечении переломов лодыжек с повреждением заднего края ББК [12, 16]. Такой подход полностью соответствует принципам хирургического лечения внутрисуставных переломов [13].

Анатомичная репозиция фрагментов суставной поверхности в большинстве случаев подразумевает манипулирование отломками под контролем глаза. Заднемедиальный, модифицированный заднемедиальный и заднелатеральный доступы обеспечивают наилучшую визуализацию при наименьшем количестве осложнений [17, 18]. Мы сравнивали рентгенологические и функциональные результаты хирургического лечения пациентов со сложными переломами лодыжек с применением задних доступов с результатами пациентов, которым остеосинтез заднего края был выполнен малоинвазивно, а переломы латеральной и медиальной лодыжек фиксировались из традиционных доступов. По нашему мнению, сравнительный анализ показателей второй и третьей групп между собой не имеет научной ценности. Это подтверждается исследованием S. Zhong с соавторами, в котором авторы продемонстрировали, что выбор доступа следует осуществлять на основании данных СКТ и клинического опыта хирурга. Схожие функциональные и рентгенологические результаты были получены при применении как заднемедиального, так и заднелатерального доступов [19].

Вопрос о выборе доступа для остеосинтеза при переломе заднего края ББК остается открытым. Заднемедиальный доступ более удобен, так как выполняется в привычном положении больного на спине и обеспечивает визуализацию 64% задней поверхности ББК. Модифицированный вариант заднемедиального доступа позволяет увеличить этот процент до 91. Также из этого доступа удобно выполнять репозицию и фиксацию перелома медиальной лодыжки. Заднелатеральный доступ выполняется из положения на животе или на боку, что менее удобно. Визуализация поверхности заднего края ББК составляет лишь 40%, что несколько меньше, чем при заднемедиальном доступе [20]. Преимуществом является то, что заднелатеральный хирургический доступ можно использовать также для остеосинтеза перелома латеральной лодыжки, если уровень ее перелома позволяет осуществить эту операцию. Таким образом, представляется логичным использование заднемедиального доступа при сочетании перелома заднего края ББК с переломом медиальной лодыжки, а заднелатерального — при сочетании перелома заднего края ББК с переломом латеральной лодыжки на том же уровне. Кроме того, заднемедиальный хирургический доступ предпочтителен при необходимости выполнения переднелатерального

доступа (например, для ревизии передней порции дистального межберцового синдесмоза), а также при высоком переломе малоберцовой кости, когда выполнение ее фиксации из заднелатерального доступа не представляется возможным. Существует ряд переломов заднего края ББК, при которых для остеосинтеза можно использовать как заднелатеральный, так и заднемедиальный хирургический доступы. В этом случае, на наш взгляд, выбор должен зависеть от предпочтений хирурга. Главное, чтобы результатом операции являлись максимально точная репозиция фрагмента заднего края ББК и его стабильная фиксация.

В ходе проведенного нами исследования было установлено, что длительность госпитализации, а также самого оперативного вмешательства не зависят от выбранного хирургического доступа для репозиции и фиксации заднего края ББК.

Оценка остаточного смещения фрагмента заднего края ББК после операции остеосинтеза выполнялась по сагитальным срезам СКТ. Общепринятым показателем неудовлетворительной репозиции является наличие по данным рентгенологического обследования «ступеньки» между фрагментами суставной поверхности размером более 2 мм [8, 9, 21]. Первая группа пациентов характеризуется не только статистически значимо большим средним остаточным смещением фрагмента заднего края после закрытой репозиции, но и большей долей пациентов, у которых это смещение превышает порог в 2 мм. Этот показатель свидетельствует о том, что открытая репозиция обеспечивает лучшее восстановление суставной поверхности голеностопного сустава.

По данным зарубежных авторов, традиционная закрытая репозиция и фиксация фрагмента заднего края ББК стягивающими винтами спереди назад ассоциирована с большой частотой неудовлетворительной репозиции заднего края [22, 23]. Причем эти показатели выше, чем полученные в нашем исследовании у пациентов первой группы. С. Drijfhout van Hooff с соавторами сообщают, что у 42% пациентов, прооперированных по традиционной методике, репозиция фрагмента заднего края ББК была признана неудовлетворительной [22]. В работе D. Vidović с соавторами приведены результаты рандомизированного сравнительного исследования закрытой и открытой репозиции заднего края ББК. По их данным, дисконгруэнтность суставной поверхности наблюдалась в 23% случаев при малоинвазивной фиксации и лишь в 4% случаев — при репозиции и остеосинтезе под контролем глаза [23]. Е. Fernández-Rojas с соавторами в своем исследовании также делают вывод о предпочтительности заднемедиального и заднелатерального доступов при остеосинтезе заднего края ББК [21].

Конгруэнтность дистальной суставной поверхности ББК наряду с такими факторами, как первичное наличие переломовывиха и резидуальный подвывих таранной кости после остеосинтеза, связана с более высоким риском развития посттравматического остеоартрита. По данным систематического обзора литературы, общая частота появления дегенеративных изменений голеностопного сустава составляет 33,5%. При этом авторы отмечают, что размер фрагмента заднего края не влияет на развитие посттравматического остеоартрита [2].

Функциональные результаты пациентов всех трех групп оценивались нами в динамике. Наиболее выраженную разницу в показателях при оценке по шкалам AOFAS и Neer мы отметили при осмотре через 24 нед. после хирургического вмешательства. Медиана баллов пациентов второй и третьей групп была значительно больше, чем у пациентов первой группы. Это свидетельствует о более благоприятном течении реабилитационного процесса у пациентов, перенесших открытую репозицию фрагмента заднего края ББК. Данное утверждение подкреплено функциональными результатами пациентов второй и третьей групп нашего исследования, отмеченными на сроке 48 нед. после операции. По всем функциональным показателям было отмечено статистически значимое превосходство над соответствующими показателями первой группы. Помимо этого, значения верхних квартилей полученных совокупностей балльных оценок на сроке 48 нед. после операции свидетельствуют о том, что большие доли пациентов второй и третьей групп по сравнению с первой показали отличные функциональные результаты (их оценка по шкалам AOFAS и Neer превышала 90 баллов).

Сходные с показателями нашего исследования значения при оценке по шкале AOFAS получили и зарубежные исследователи, изучая эффективность хирургического лечения пациентов с переломами лодыжек и заднего края ББК с применением задних доступов. Так, S. Zhong с соавторами сообщают, что на сроке наблюдения 12 мес. средние значения у пациентов, операция которым была выполнена через заднемедиальный доступ, составили 92,5 балла. В группе заднелатерального доступа на этом же сроке средний балл был равен 91,4 балла [19]. L. Yang с соавторами оценивали функциональный результат у пациентов со сложными переломами лодыжек после фиксации заднего края ББК из заднелатерального доступа. Средний показатель по шкале AOFAS составил  $81,35 \pm 6,15$  на сроке 6 мес. и  $90,56 \pm 4,98$  на заключительном осмотре. Авторы не указывают срок заключительного осмотра, однако, исходя из содержания публикации, он составил более 2 лет после операции [3].

## Ограничения исследования

Распределение пациентов по группам не рандомизировано. Операции остеосинтеза у пациентов одной группы исследования были выполнены разными хирургами. Выбор хирургического доступа для фиксации заднего края ББК определялся оперирующим хирургом на основе навыков, клинического опыта и рентгенологической картины. Недостаточно длительный срок наблюдения не позволяет оценить признаки развития посттравматического остеоартрита.

## 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.** Проведение настоящего исследования обсуждено и одобрено этическим комитетом ГБУ «Санкт-Петербургский НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», протокол № 10 от 26 октября 2021 г.

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Pilskog K., Gote T.B., Odland H.E.J., Fjeldsgaard K.A., Dale H., Inderhaug E. et al. Traditional Approach vs Posterior Approach for Ankle Fractures Involving the Posterior Malleolus. *Foot Ankle Int.* 2021;42(4):389-399. doi: 10.1177/1071100720969431.
- Odak S., Ahluwalia R., Unnikrishnan P., Hennessy M., Platt S. Management of Posterior Malleolar Fractures: A Systematic Review. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(1):140-145. doi: 10.1053/j.jfas.2015.04.001.
- Yang L., Yin G., Zhu J., Liu H., Zhao X., Xue L. et al. Posterolateral approach for posterior malleolus fixation in ankle fractures: functional and radiological outcome based on Bartonicek classification. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(7):4099-4109. doi: 10.1007/s00402-022-04620-0.
- Neumann A.P., Rammelt S. Ankle fractures involving the posterior malleolus: patient characteristics and 7-year results in 100 cases. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2022;142(8):1823-1834. doi: 10.1007/s00402-021-03875-3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение заднелатерального или заднемедиального доступа для открытой репозиции и остеосинтеза при хирургическом лечении пациентов со сложными переломами лодыжек и заднего края ББК позволяет добиться более точного сопоставления отломков суставной поверхности по сравнению с закрытой репозицией. Кроме того, пациенты, операция которым была выполнена с применением задних доступов, демонстрируют более высокие среднесрочные функциональные результаты.

## 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.** The study was approved by the local ethics committee of St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, protocol No 10, 26.10.2021.

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

- Haraguchi N., Haruyama H., Toga H., Kato F. Pathoanatomy of posterior malleolar fractures of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(5):1085-1092. doi: 10.2106/JBJS.E.00856.
- Bartoníček J., Rammelt S., Tuček M. Posterior Malleolar Fractures: Changing Concepts and Recent Developments. *Foot Ankle Clin.* 2017;22(1):125-145. doi: 10.1016/j.fcl.2016.09.009.
- Eriņç S., Cam N. Does it matter the fixation method of the posterior malleolar fragment in trimalleolar fractures? *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2021;88(3):204-210. (In English).
- Беленький И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю., Сергеев Г.Д., Рефицкий Ю.В., Савелло В.Е. и др. Использование заднемедиального хирургического доступа для остеосинтеза при переломах лодыжек и заднего края большеберцовой кости. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(3):16-28. doi: 10.17816/2311-2905-1800.
- Belen'kii I.G., Maiorov B.A., Kochish A.Y., Sergeev G.D., Refitskii Y.V., Savello V.E. et al. Posteromedial Approach in Fracture Fixation of Malleoli and Posterior Edge of Tibia. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(3):16-28. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1800.

9. Беленький И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю., Сергеев Г.Д., Савелло В.Е., Тульчинский А.Э. и др. Остеосинтез нестабильных переломов лодыжек и заднего края большеберцовой кости из заднелатерального хирургического доступ. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):29-42. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-29-42. Belen'kii I.G., Maiorov B.A., Kochish A.Y., Sergeev G.D., Savello V.E., Tul'chinskii A.E. et al. Unstable Fractures Osteosynthesis of Malleoli and Posterior Edge of the Tibia Using Posterolateral Surgical Approach. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):29-42. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-29-42.
10. Kitaoka H.B., Alexander I.J., Adelaar R.S., Nunley J.A., Myerson M.S., Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*. 1994;15(7):349-353. doi: 10.1177/107110079401500701.
11. Neer C.S. 2<sup>nd</sup>, Grantham S.A., Shelton M.L. Supracondylar fracture of the adult femur. A study of one hundred and ten cases. *J Bone Joint Surg Am*. 1967;49(4):591-613.
12. Tenenbaum S., Shazar N., Bruck N., Bariteau J. Posterior Malleolus Fractures. *Orthop Clin North Am*. 2017;48(1):81-89. doi: 10.1016/j.ocl.2016.08.004.
13. Buckley R.E., Moran C.G., Apivatthakakul Th. AO principles of fracture management. Stuttgart: Thieme; 2018. 1120 p.
14. Vrahas M., Fu F., Veenis B. Intraarticular contact stresses with simulated ankle malunions. *J Orthop Trauma*. 1994;8(2):159-166. doi: 10.1097/00005131-199404000-00014.
15. Papachristou G., Efstathopoulos N., Levidiotis C., Chronopoulos E. Early weight bearing after posterior malleolar fractures: an experimental and prospective clinical study. *J Foot Ankle Surg*. 2003;42(2):99-104. doi: 10.1016/s1067-2516(03)70009-x.
16. Воронкевич И.А., Кулик В.И., Лаврентьев А.В. Эргономика остеосинтеза «трехлодыжечного» перелома. *Травматология и ортопедия России*. 2002;(1):44-46. Voronkevich I.A., Kulik V.I., Lavrentyev A.V. Ergonomics of osteosynthesis of "trimalleolar" fracture. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2002;(1):44-46. (In Russian).
17. Wang Y., Wang J., Luo C.F. Modified posteromedial approach for treatment of posterior pilon variant fracture. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:528. doi: 10.1186/s12891-016-1182-9.
18. Arrondo G.M., Joannas G. Complex Ankle Fractures: Practical Approach for Surgical Treatment. *Foot Ankle Clin*. 2020;25(4):587-595. doi: 10.1016/j.fcl.2020.08.002.
19. Zhong S., Shen L., Zhao J.G., Chen J., Xie J.F., Shi Q. et al. Comparison of Posteromedial Versus Posterolateral Approach for Posterior Malleolus Fixation in Trimalleolar Ankle Fractures. *Orthop Surg*. 2017;9(1):69-76. doi: 10.1111/os.12308.
20. Assal M., Dalmau-Pastor M., Ray A., Stern R. How to Get to the Distal Posterior Tibial Malleolus? A Cadaveric Anatomic Study Defining the Access Corridors Through 3 Different Approaches. *J Orthop Trauma*. 2017;31(4):e127-e129. doi: 10.1097/BOT.0000000000000774.
21. Fernández-Rojas E., Herrera-Pérez M., Vilá-Rico J. Posterior malleolar fractures: Indications and surgical approaches. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2023;67(2):160-169. doi: 10.1016/j.recot.2022.10.019.
22. Drijfhout van Hooff C.C., Verhage S.M., Hoogendoorn J.M. Influence of fragment size and postoperative joint congruency on long-term outcome of posterior malleolar fractures. *Foot Ankle Int*. 2015;36(6):673-678. doi: 10.1177/1071100715570895.
23. Vidović D., Elabjer E., Muškardin I.V.A., Milosevic M., Bekic M., Bakota B. Posterior fragment in ankle fractures: anteroposterior vs posteroanterior fixation. *Injury*. 2017;48(5):S65-S69. doi: 10.1016/S0020-1383(17)30743-X.

#### 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

Сергеев Геннадий Дмитриевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

e-mail: gdsergeev@gmail.com

Рефицкий Юрий Владимирович

<https://orcid.org/0000-0002-6437-6424>

e-mail: yur1140@yandex.ru

Майоров Борис Александрович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

e-mail: bmayorov@mail.ru

Савелло Виктор Евгеньевич — д-р мед. наук, профессор

<https://0000-0002-4519-4844>

e-mail: prof\_savello@emergency.spb.ru

#### Authors' information

✉ Igor' G. Belen'kiy — Dr. Sci. (Med.)

Address: 3, Budapeshtskaya str., St. Petersburg, 192242,

Russia

<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>

e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Gennadii D. Sergeev — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>

e-mail: gdsergeev@gmail.com

Yurii V. Refitskii

<https://orcid.org/0000-0002-6437-6424>

e-mail: yur1140@yandex.ru

Boris A. Maiorov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>

e-mail: bmayorov@mail.ru

Viktor E. Savello — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://0000-0002-4519-4844>

e-mail: prof\_savello@emergency.spb.ru



## Среднесрочные результаты хирургического лечения ризартроза методами интерпозиционной и суспензионно-интерпозиционной артропластики

К.А. Егиазарян, Г.К. Парсаданян, Д.С. Ершов, М.А. Скворцова,  
А.П. Ратъев, А.В. Афанасьев

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»  
Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Ризартроз наиболее часто встречается у людей, чей характер труда и активности ассоциирован с нагрузкой на кисть. На начальных стадиях заболевания эффективны консервативные методы лечения, однако на более поздних стадиях основным методом лечения является оперативное вмешательство. В течение последних лет большую популярность завоевали методики резекционной интерпозиционной и резекционной суспензионно-интерпозиционной артропластики первого запястно-пястного сустава, а также их комбинации. На данный момент отсутствуют сообщения о сравнительных исследованиях эффективности этих методик по основным показателям.

**Цель исследования** — сравнить результаты хирургического лечения ризартроза II–IV стадий методами резекционной суспензионно-интерпозиционной артропластики и резекционной интерпозиционной артропластики первого запястно-пястного сустава.

**Материал и методы.** В проспективное когортное исследование было включено 85 пациентов с ризартрозом II–IV стадий, которым было выполнено 85 хирургических вмешательств за период с 2017 по 2022 г. Пациенты были разделены на две группы. В первой группе (52 пациента) выполняли резекционную суспензионно-интерпозиционную артропластику первого запястно-пястного сустава по оригинальной методике, во второй группе (33 пациента) — резекционную интерпозиционную артропластику. Эффективность хирургического лечения оценивали по результатам оценки интенсивности болевого синдрома по ВАШ, восстановления функции верхней конечности по шкале DASH, измерения расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости на рентгенограммах в прямой проекции и увеличения силы цилиндрического хвата пораженной кисти через 12 мес. после оперативного вмешательства.

**Результаты.** Через 12 мес. после лечения в первой группе по сравнению со второй группой показатели были лучше: на 73% по шкале DASH ( $p < 0,01$ ); на 76% по ВАШ ( $p = 0,000$ ), на 60% при оценке силы цилиндрического хвата ( $p = 0,010$ ); на 30% при оценке расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости ( $p < 0,01$ ).

**Заключение.** Резекционная суспензионно-интерпозиционная артропластика первого запястно-пястного сустава является более эффективной, чем резекционная интерпозиционная артропластика, по следующим показателям: купированию болевого синдрома, улучшению функции и силы цилиндрического хвата пораженной кисти, сохранению расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости.

**Ключевые слова:** ризартроз, остеоартроз первого запястно-пястного сустава, интерпозиционная артропластика, суспензионная артропластика, хирургия кисти.

**Для цитирования:** Егиазарян К.А., Парсаданян Г.К., Ершов Д.С., Скворцова М.А., Ратъев А.П., Афанасьев А.В. Среднесрочные результаты хирургического лечения ризартроза методами интерпозиционной и суспензионно-интерпозиционной артропластики. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(4):69-77. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17288>.

Парсаданян Гайк Каренович; e-mail: [gaikparsadanyan@yandex.ru](mailto:gaikparsadanyan@yandex.ru)

Рукопись получена: 25.10.2023. Рукопись одобрена: 27.11.2023. Статья опубликована онлайн: 06.12.2023.

© Егиазарян К.А., Парсаданян Г.К., Ершов Д.С., Скворцова М.А., Ратъев А.П., Афанасьев А.В., 2023



## Mid-Term Results of Surgical Treatment for Rhizarthrosis Using Interposition and Suspension-Interposition Arthroplasty

Karen A. Egiazaryan, Gaik K. Parsadanyan, Dmitry S. Ershov, Mariya A. Skvortsova, Andrey P. Ratiev, Aleksei V. Afanasiev

*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia*

### Abstract

**Background.** Rhizarthrosis is most commonly observed in individuals whose work and activities involve heavy use of the wrist. Conservative treatment methods are effective in the early stages of the disease, but in advanced stages, surgical intervention becomes the primary treatment approach. In recent years, resection interposition and resection suspension-interposition arthroplasty techniques for the first carpometacarpal joint have gained popularity. However, there is a lack of comparative studies on the effectiveness of these techniques based on key indicators.

**The aim of this study** was to compare the results of surgical treatment for stages II–IV rhizarthrosis using resection suspension-interposition arthroplasty and resection interposition arthroplasty of the first carpometacarpal joint.

**Methods.** This prospective cohort study included 85 patients with stages II–IV rhizarthrosis who underwent surgery between 2017 and 2022. Patients were divided into two groups. In the first group (52 patients), resection suspension-interposition arthroplasty of the first carpometacarpal joint was performed using an original technique. In the second group (33 patients), resection interposition arthroplasty was performed. The effectiveness of surgical treatment was assessed based on the intensity of pain using the Visual Analog Scale for Pain (VAS), upper limb function recovery assessed with the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH) scale, measurement of the distance between the base of the first metacarpal bone and the distal pole of the trapezium bone on anteroposterior X-rays, and an increase in grip strength of the affected hand at 12 months postoperatively.

**Results.** At the 12-month follow-up, the first group showed superior results compared to the second group: a 73% improvement in DASH score ( $p < 0.01$ ); a 76% improvement in VAS ( $p = 0.000$ ); a 60% increase in cylindrical grip strength ( $p = 0.010$ ); and a 30% improvement in the measurement of the distance between the base of the first metacarpal bone and the distal pole of the trapezium bone ( $p < 0.01$ ).

**Conclusion.** Resection suspension-interposition arthroplasty of the first carpometacarpal joint is more effective than resection interposition arthroplasty in terms of pain relief, improvement in function and grip strength of the affected hand, and preservation of the distance between the base of the first metacarpal bone and the distal pole of the trapezium bone.

**Keywords:** rhizarthrosis, first carpometacarpal osteoarthritis, interposition arthroplasty, suspension arthroplasty, hand surgery.

**Cite as:** Egiazaryan K.A., Parsadanyan G.K., Ershov D.S., Skvortsova M.A., Ratiev A.P., Afanasiev A.V. Mid-Term Results of Surgical Treatment for Rhizarthrosis Using Interposition and Suspension-Interposition Arthroplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):69-77. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17288>.

✉ Gaik K. Parsadanyan; e-mail: [gaikparsadanyan@yandex.ru](mailto:gaikparsadanyan@yandex.ru)

Submitted: 25.10.2023. Accepted: 27.11.2023. Published Online: 06.12.2023.

© Egiazaryan K.A., Parsadanyan G.K., Ershov D.S., Skvortsova M.A., Ratiev A.P., Afanasiev A.V., 2023

**ВВЕДЕНИЕ**

Наблюдающаяся во всем мире тенденция к увеличению продолжительности жизни способствует повышению частоты заболеваний опорно-двигательного аппарата, хронической боли и инвалидности в общей популяции людей [1, 2]. К наиболее распространенным заболеваниям кисти у лиц старше 60 лет относится остеоартроз первого запястно-пястного сустава (ризартроз), который проявляется болью, слабостью и деформацией первого пальца, что значительно снижает качество жизни пациентов [3, 4]. Главной целью лечения данной патологии является купирование болевого синдрома и восстановление функции пораженного сустава. При определении тактики ведения пациентов учитываются такие факторы, как возраст, сопутствующие заболевания, профессиональные потребности и стадия течения патологического процесса [5]. Несмотря на эффективность консервативных методов лечения легкой степени ризартроза, при позднем обращении пациентов за медицинской помощью основным вариантом является хирургическое лечение [6].

За многолетнюю историю лечения ризартроза было предложено большое количество хирургических методик лечения, однако большинство из них не приводят к стойкому улучшению состояния пациентов, что объясняет отсутствие на данный момент золотого стандарта хирургического решения данной проблемы [7].

В последние годы большую популярность завоевали методики резекционной интерпозиционной и резекционной суспензионной артропластики первого запястно-пястного сустава и их комбинации. Целью этих методик является сохранение корректного положения основания первой пястной кости. Сужение расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости после изолированной трапециэктомии приводит к рецидиву болевого синдрома, укорочению мышц возвышения первого пальца и значительному сокращению продолжительности положительного эффекта лечения [8].

Существуют исследования, анализирующие результаты применения вышеописанных методик, однако они не содержат данных об одновременном сравнении таких основополагающих показателей, как болевой синдром, сила цилиндрического хвата кисти и восстановление функции верхней конечности [9, 10, 11, 12, 13].

*Цель исследования* — сравнить среднесрочные результаты резекционной суспензионной интерпозиционной артропластики и резекционной интерпозиционной артропластики первого запястно-пястного сустава у пациентов с ризартрозом II–IV стадий.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ****Дизайн исследования**

В проспективное когортное исследование было включено 85 пациентов, госпитализированных для планового оперативного лечения ризартроза в ГКБ №29 им. Н.Э. Баумана (клинической базе кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова) за период с 2017 по 2022 г.

Пациенты были разделены на две группы. В первую вошли 52 человека, во вторую — 33 группы. В первой группе пациентам проводили резекционную суспензионную интерпозиционную артропластику первого запястно-пястного сустава. Во второй группе применялась резекционная интерпозиционная хирургическая техника лечения ризартроза.

*Критерии включения:*

- возраст пациентов от 35 до 75 лет;
- идиопатический остеоартроз первого запястно-пястного сустава кисти II–IV стадий по классификациям Eaton–Little [14] и Kellgren–Lawrence [15];
- неэффективность консервативного лечения в течение 3 и более мес.

*Критерии невключения:*

- посттравматический и артритический характер повреждения первого запястно-пястного сустава;
- активный воспалительный процесс в области планируемого оперативного вмешательства;
- тяжелые соматические заболевания в стадии декомпенсации;
- психические заболевания, затрудняющие продуктивный контакт пациента с врачом.

**Пациенты**

Пациенты были сопоставимы по возрасту, полу, стадии патологического процесса и стороне поражения ( $p > 0,05$ ).

Характеристика пациентов первой и второй групп представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Распределение пациентов по возрасту, полу, стадии патологического процесса и стороне поражения**

Показатель	Первая группа (n = 52)		Вторая группа (n = 33)	
	абс.	%	абс.	%
Пол				
мужчины	6	12	5	15
женщины	46	88	28	85
Возраст, лет				
35–50	5	9,6	4	12,1
50–60	30	57,7	20	60,6
60–75	17	32,7	9	27,3
Стадия остеоартроза первого запястно-пястного сустава по классификациям Eaton – Littler и Kellgren – Lawrence				
II стадия	9	17,3	5	15,1
III стадия	28	53,8	17	51,5
IV стадия	15	28,9	11	33,4
Сторона поражения				
правая рука	16	30,7	11	33,3
левая рука	36	69,3	22	66,7

$p > 0,05$ .

### Хирургическая техника

При хирургическом лечении пациентов первой группы использовалась оригинальная методика резекционной суспензионной интерпозиционной артропластики первого запястно-пястного сустава (патент на изобретение № RU 22745251 C1 «Способ хирургического лечения деформирующего артроза первого запястно-пястного сустава кисти»). В качестве сухожильного аутотрансплантата для интерпозиционного компонента артропластики использовали лучевую половину сухожилия лучевого сгибателя запястья (FCR — flexor carpi radialis). Ключевым отличием методики являлась суспензионная техника, заключающаяся в фиксации основания первой пястной кости к средней трети диафиза второй пястной кости под углом 40–50° в положении максимального отведения первого пальца с использованием нити с пуговицей, проведенной от основания первой пястной кости к середине диафиза второй пястной кости с помощью спицы-проводника.

Во второй группе выполняли резекционную интерпозиционную артропластику первого запястно-пястного сустава.

Реабилитационная программа пациентов, включенных в исследование, была одинаковой в обеих группах и проводилась под контролем специалиста по кистевой терапии.

### Оценка результатов

До оперативного вмешательства, а также через 3, 6 и 12 мес. после хирургического лечения оценивали следующие параметры:

- функциональное состояние кисти — по шкале исходов и ограничения функции руки, плеча и кисти — DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure);
- интенсивность болевого синдрома — по визуальной аналоговой шкале (ВАШ);
- силу цилиндрического хвата кисти — при помощи ручного динамометра МЕГЕОН-34090 (Россия).

Для оценки расстояния между серединой основания первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости выполняли рентгенологическое исследование в прямой и боковой проекциях до оперативного вмешательства, через день и спустя 12 мес. после операции.

Минимальной клинически значимой разницей (minimal clinically important difference — MCID) для показателей ограничения дееспособности верхней конечности по шкале DASH [16] считалось уменьшение на 10,83 балла, показателей боли по ВАШ [17] — снижение на 3 балла, показателей силы цилиндрического хвата пораженной кисти [18] — увеличение на 6,5 кг.

### Статистический анализ

Для анализа и статистической обработки полученных результатов использовали программу Microsoft Excel. Для количественных параметров вычисляли средние значения и стандартные ошибки средних. При оценке статистической значимости различий между исследуемыми группами использовался непараметрический критерий Манна–Уитни, при сравнении показателей одной группы на разных этапах наблюдения — критерий Уилкоксона. Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы принимали равным 0,05.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Перед оперативным вмешательством выполнялась оценка функции пораженной кисти по шкале DASH. В первой группе данный показатель составил 45,1 балла, во второй группе — 48,5 ( $p = 0,342$ ).

Через 3 мес. после хирургического лечения у пациентов первой группы отмечалось статистически значимое улучшение на 53% (21,3 балла) ( $p < 0,01$ ), во второй группе — на 54,5% (22,1 балла) ( $p < 0,01$ ), статистически значимые различия между группами отсутствовали ( $p = 0,729$ ). По истечении 6 мес. после хирургического лечения в первой группе наблюдалось дальнейшее улучшение функциональных показателей — на 35% от исходного уровня ( $p < 0,01$ ). Улучшение при сравнении с показателями, полученными во второй группе, составило 25% ( $p = 0,001$ ). Однако различия по сравнению с дооперационным уровнем оказались менее существенными — на 55% ( $p < 0,01$ ) — формирование плато в динамике показателей функции пораженной кисти. При оценке через 12 мес. с момента операции в первой группе были выявлены наилучшие показатели по шкале DASH — на 80% от исходного уровня ( $p < 0,01$ ). Во второй группе на данном этапе улучшение оставалось статистически значимым, но составило лишь 32% ( $p < 0,01$ ). При сравнении функциональных показателей у пациентов первой и второй групп была обнаружена статистически значимая разница, которая составила 73% ( $p < 0,01$ ).

MCID по шкале DASH в первой группе была достигнута в 50 (96%) случаях, в то время как во второй группе — лишь в 20 (60%). Анализируя динамику показателей функции пораженной кисти в послеоперационном периоде за 12 мес. наблюдения, можно отметить, что через 3 мес. после хирургического лечения показатели в обеих группах были сопоставимы и демонстрировали клиническое улучшение. Однако в случае использования суспензионной техники (первая группа) наблюдалась дальнейшая положительная динамика, в то время как во второй группе улучшение по сравнению с дооперационным уровнем оставалось статистически значимым, однако показатели снизи-

лись по сравнению с предыдущими контрольными сроками в 3 и 6 мес.

Оценка интенсивности болевого синдрома до оперативного вмешательства по ВАШ показала, что в первой группе данный показатель составил 6,6 баллов, а во второй группе — 6,4 балла ( $p = 0,373$ ). При определении уровня боли через 3 мес. после хирургического лечения была отмечена положительная динамика в обеих группах: в первой группе улучшение составило 75% ( $p < 0,01$ ), во второй группе — 74% ( $p < 0,01$ ), полученные данные сопоставимы ( $p < 0,01$ ). Через 6 мес. после лечения было отмечено сохранение положительной динамики в первой группе: улучшение по сравнению с дооперационными показателями составило 78% ( $p < 0,01$ ), во второй группе показатели значительно не изменились (плато) — 74% ( $p < 0,01$ ), различия между полученными показателями (25%) носят статистически значимый характер ( $p = 0,022$ ). При контрольном исследовании через 12 мес. в первой группе уровень болевого синдрома составил 16% от исходного ( $p < 0,01$ ), во второй группе — 58% ( $p < 0,01$ ). Различия между исследуемыми группами оставались статистически значимыми, результаты в первой группе оказались в 4,2 раза лучше показателей, полученных во второй группе ( $p < 0,01$ ). В первой группе за 12 мес. наблюдения MCID по ВАШ была достигнута у 50 (96%) пациентов, в то время как во второй группе — у 16 (53%). Анализ показателей интенсивности болевого синдрома в период наблюдения демонстрирует аналогичную динамику: через 3 мес. после хирургического лечения показатели в обеих группах были сопоставимы. Однако в последующем в первой группе наблюдалось дальнейшее улучшение показателей, в то время как во второй группе, несмотря на статистически значимое улучшение по сравнению с дооперационным уровнем, происходило постепенное усиление болевого синдрома в сравнении с ранее полученными послеоперационными результатами.

При поступлении в стационар также было выполнено измерение силы цилиндрического хвата кисти при помощи ручного динамометра: в первой группе данный показатель составил 15,7 кг, во второй группе — 15,4 кг ( $p = 0,325$ ). Через 3 мес. после оперативного вмешательства в первой группе улучшение составило 20% от исходного уровня ( $p < 0,01$ ), во второй группе — 25% ( $p = 0,001$ ), различия между группами носили статистически незначимый характер ( $p = 0,011$ ). При повторном исследовании (6 мес.) было обнаружено, что в первой группе сила цилиндрического хвата пораженной кисти увеличилась на 33% от исходного уровня ( $p < 0,01$ ), в то время как во второй группе — на 20% ( $p = 0,002$ ), показатели были сопоставимыми ( $p = 0,013$ ). В первой группе сила цилиндрическо-

го хвата пораженной кисти достигла своего максимального значения через 12 мес. наблюдения и составила 26,2 кг, улучшение составило 67% от дооперационного показателя ( $p = 0,006$ ). Во второй группе сила цилиндрического хвата составила 16,4 кг (на 7% выше исходного) ( $p = 0,357$ ). При сравнении полученных данных было показано, что в первой группе сила цилиндрического хвата пораженной кисти оказалась выше на 60%, чем во второй группе ( $p = 0,010$ ). MCID относительно показателей силы пораженной кисти в первой группе была достигнута у 32 (61%) пациентов, во второй группе — только у одного пациента (3%). Анализ показателей силы цилиндрического хвата пораженной кисти при помощи ручного динамометра спустя 12 мес. показал сходные изменения: в первой группе наблюдается прогрессирующее улучшение силовых показателей в течение всего послеоперационного периода, в то время как во второй группе сперва отмечается улучшение (3 и 6 мес.), а к концу наблюдения показатели были сопоставимы с результатами, полученными до проведенного хирургического лечения.

При оценке расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости перед хирургическим лечением были получены следующие показатели: в первой группе = 14,6 мм, во второй группе = 14,8 мм ( $p = 0,979$ ). При контрольном рентгенологическом исследовании через 12 мес. после оперативного вмешательства в первой группе данный показатель составил 12,8 мм, т.е. на 12,3% меньше исходного значения ( $p = 0,887$ ), во второй группе — 9 мм, т.е. на 38,8% ниже по сравнению с дооперационным уровнем ( $p = 0,556$ ). При сравнении полученных результатов было выявлено, что в первой группе показатели оказались лучше полученных во второй группе на 30%, различия между ними были статистически значимыми ( $p < 0,01$ ). Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения резекционной суспензионной интерпозиционной артропластики с точки зрения сохранения расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости в течение 12 мес. послеоперационного наблюдения.

Отрицательную динамику результатов во второй группе (без суспензионной методики) можно объяснить постепенной проксимальной миграцией основания первой пястной кости и прогрессирующим уменьшением расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости ввиду отсутствия прочной механической опоры (фиксатора), последующим укорочением мышц возвышения первого пальца, особенно приводящей мышцы, уменьшением объема движений и рецидивированием болевого синдрома [19].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Ризартроз, как правило, встречается у пожилых людей, особенно у женщин в постменопаузальном периоде, а также у тех, характер труда которых ассоциирован с нагрузкой на кисть [20, 21]. На начальных стадиях заболевания при умеренной степени поражения сустава эффективно использование биоактивных веществ, способных улучшить механические свойства сустава [22, 23, 24]. При неэффективности консервативной терапии долгое время золотым стандартом хирургического лечения ризартроза II–IV стадий по Eaton–Littler была изолированная трапециэктомия [25]. Однако проксимальная миграция первой пястной кости после трапециэктомии создает биомеханические условия, потенциально приводящие к слабости хвата, а также к рецидивированию болевого синдрома [26]. Предотвращение этого осложнения заключается в создании прочных механических поддерживающих сил, удерживающих основание первой пястной кости в заданном анатомически и функционально выгодном положении [27]. В последующем в связи с неудовлетворительными долгосрочными результатами лечения методика была модифицирована: в образовавшееся после удаления кости-трапеции пространство с целью предотвращения уменьшения расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости хирурги интерпонировали часть сухожилия FCR [25].

Интерпозиционная методика использовалась довольно часто — первоначально были достигнуты оптимистичные результаты. Однако согласно результатам некоторых исследований, данная хирургическая техника не имела преимуществ перед изолированной трапециэктомией [28, 29].

В статистическом анализе эффективности различных методик хирургического лечения ризартроза, в том числе интерпозиционной артропластики, проведенном Д.И. Михалкевичем и А.П. Мириленко, были выявлены высокая частота осложнений и неполное восстановление объема движений 1-го пальца кисти [30]. Вышеизложенное подтверждает необходимость разработки более эффективного метода артропластики первого запястно-пястного сустава после удаления кости-трапеции [30, 31].

Применение суспензионной методики с использованием различных типов фиксаторов продемонстрировало свою эффективность: постепенное восстановление функции кисти, увеличение силы цилиндрического хвата, купирование болевого синдрома без сопутствующих признаков нестабильности первого луча кисти [31, 32, 33, 34, 35]. Согласно результатам исследования, недавно проведенного P. Behm с соавторами, в котором изучались анатомио-биомеханические аспекты хирургического лечения ризартроза, суспензионная

техника обеспечивает сохранение положения первого пальца при пассивной нагрузке, в то время как интерпозиционный компонент дополнительно увеличивает стабильность пораженного сустава, но не позволяет сохранить расстояние между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости [32]. Это соответствует полученным нами результатам.

Интенсивность болевого синдрома, ограничение функции верхней конечности и снижение силы цилиндрического хвата пораженной кисти являются основными факторами, значительно ухудшающими качество жизни пациентов с ризартрозом [36]. Анализ динамики данных показателей позволил нам оценить эффективность резекционной суспензионной интерпозиционной артропластики первого запястно-пястного сустава субъективно (оценка функции кисти по шкале DASH и болевого синдрома по ВАШ) и объективно (оценка силы цилиндрического хвата пораженной кисти при помощи ручного динамометра и расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости рентгенологически). Согласно полученным нами результатам, осуществление резекционной интерпозиционной артропластики первого запястно-пястного сустава

при ризартрозе II–IV стадий не способно длительно удерживать основание первой пястной кости, что приводит к ее коллапсу, ухудшению функциональных показателей кисти и рецидиву болевого синдрома.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резекционная суспензионная интерпозиционная артропластика первого запястно-пястного сустава при хирургическом лечении ризартроза II–IV стадий по классификациям Eaton–Little и Kellgren–Lawrence продемонстрировала явное преимущество в сравнении с резекционной интерпозиционной артропластикой в отношении функциональных показателей и силы цилиндрического хвата пораженной кисти, а также интенсивности болевого синдрома. Дополнительная фиксация первой пястной кости при помощи подвешивающей конструкции препятствует проксимальной миграции основания первой пястной кости. Сохранение расстояния между основанием первой пястной кости и дистальным полюсом ладьевидной кости позволяет избежать укорочения мышц возвышения первого пальца, ограничения объема движений и рецидива болевого синдрома в течение 12 мес. после хирургического лечения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Егиазарян К.А.* — концепция и дизайн исследования, написание текста статьи.

*Парсаданян Г.К.* — поиск и анализ публикаций, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи.

*Ершов Д.С.* — анализ и интерпретация данных исследования, написание и редактирование текста статьи.

*Скворцова М.А.* — анализ и интерпретация данных исследования, написание и редактирование текста статьи.

*Ратъев А.П.* — анализ и интерпретация данных исследования, редактирование текста статьи.

*Афанасьев А.В.* — анализ и интерпретация данных 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.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Egiazaryan K.A.* — study concept and design, writing the article.

*Parsadanyan G.K.* — literature search and analysis, data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

*Ershov D.S.* — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

*Skvortsova M.A.* — data analysis and interpretation, writing and drafting the article.

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

*Afanasiev A.V.* — 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.

**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 настоящего исследования обсуждено и одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

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

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee of Pirogov Russian National Research Medical University.

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Peat G., Thomas M.J. Osteoarthritis year in review 2020: epidemiology & therapy. *Osteoarthritis Cartilage*. 2021;29(2):180-189. doi: 10.1016/j.joca.2020.10.007.
2. Dahaghin S., Bierma-Zeinstra S.M., Reijman M., Pols H.A., Hazes J.M., Koes B.W. Prevalence and determinants of one month hand pain and hand related disability in the elderly (Rotterdam study). *Ann Rheum Dis*. 2005;64(1):99-104. doi: 10.1136/ard.2003.017087.
3. Sodha S., Ring D., Zurawski D., Jupiter J.B. Prevalence of osteoarthrosis of the trapeziometacarpal joint. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87(12):2614-2618. doi: 10.2106/JBJS.E.00104.
4. Новиков А.В., Щедрина М.А., Мотякина О.П. Деформирующий артроз пястно-запястного сустава первого пальца кисти (ризартроз). Клинические рекомендации. *Вестник Восстановительной медицины*. 2018;(4):92-112.  
Novikov A.V., Schedrina M.A., Motyakina O.P. Deforming arthrosis of carpometacarpa joint the first finger of the hand (rizartroz). *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2018;(4):92-112. (In Russian).
5. Ankarath S. Chronic wrist pain: Diagnosis and management. *Cur Orthop*. 2006;20(2):141-151.
6. Dawood O., Mustafa L., Shuber E., Hagiga A., Cereceda-Monteoliva N., Kadhum M. Trapeziectomy with Abductor Pollicis Longus Tendon Interposition Arthroplasty for First Carpometacarpal Joint Osteoarthritis: A Systematic Review. *World J Plast Surg*. 2022;11(2):3-17. doi: 10.52547/wjps.11.2.3.
7. Avisar E., Elvey M., Wasrbrou Z., Aghasi M. Long-term follow-up of trapeziectomy with abductor pollicis longus tendon interposition arthroplasty for osteoarthritis of the thumb carpometacarpal joint. *J Orthop*. 2013;10(2):59-64. doi:10.1016/j.jor.2013.05.001.
8. Liu Q., Xu B., Lyu H., Lee J.H. Differences between simple trapeziectomy and trapeziectomy with ligament reconstruction and tendon interposition for the treatment of trapeziometacarpal osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(6):987-996. doi: 10.1007/s00402-020-03707-w.
9. Avant K.R., Nydick J.A., White B.D., Vaccaro L., Hess A.V., Stone J.D. Basal Joint Osteoarthritis of the Thumb: Comparison of Suture Button versus Abductor Pollicis Longus Suspensionplasty. *Hand*. 2014;10(1):80-84. doi: 10.1007/s11552-014-9653-7.
10. Earp B.E., Mora A.N., Silver J.A., Benavent K.A., Blazar P.E. Intermediate-Term Outcomes of Trapeziectomy With a Modified Abductor Pollicis Longus Suspension Arthroplasty. *J Hand Surg Global Online*. 2019;1(4):205-207. doi: 10.1016/j.jhsg.2019.09.003.
11. Nanno M., Kodera N., Tomori Y., Takai S. Novel Modification of Abductor Pollicis Longus Suspension Arthroplasty with Trapeziectomy for Thumb Carpometacarpal Osteoarthritis. *J Nippon Med Sch*. 2019;86(5):269-278. doi: 10.1272/jnms.JNMS.2019\_86-507.
12. Lied L., Bjørnstad K., Woje A.K., Finsen V. Abductor pollicis longus tendon interposition for arthrosis of the first carpo-metacarpal joint. Long-term results. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:50. doi: 10.1186/s12891-016-0910-5.
13. Barthel L., Hidalgo Diaz J.J., Vernet P, Gouzou S., Facca S., Igeta Y. et al. Results of the treatment of first carpometacarpal joint osteoarthritis: trapeziectomy alone versus trapeziectomy associated with suspensionplasty. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018;28(8):1555-1561. doi: 10.1007/s00590-018-2173-3.
14. Eaton R.G., Glickel S.Z. Trapeziometacarpal osteoarthritis. Staging as a rationale for treatment. *Hand Clin*. 1987;3(4):455-471.
15. Kellgren J.H., Lawrence J.S., Bier F. Genetic factors in generalized osteo-arthrosis. *Ann Rheum Dis*. 1963;22(4):237-255. doi: 10.1136/ard.22.4.237.
16. Franchignoni F., Vercelli S., Giordano A., Sartorio F., Bravini E., Ferriero G. Minimal clinically important difference of the disabilities of the arm, shoulder and hand outcome measure (DASH) and its shortened version (QuickDASH). *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(1):30-39. doi: 10.2519/jospt.2014.4893.
17. Lee J.S. Hobden E., Stiell I.G., Wells G.A. Clinically important change in the visual analog scale after adequate pain control. *Acad Emerg Med*. 2003;10(10):1128-1130. doi: 10.1111/j.1553-2712.2003.tb00586.x.
18. Bohannon R.W. Minimal clinically important difference for grip strength: a systematic review. *J Phys Ther Sci*. 2019;31(1):75-78. doi: 10.1589/jpts.31.75.
19. Hozack B.A., Fram B., Ilyas A.M., Rivlin M., Liss F.E., Jones C.M. Optimal Position of the Suture Button Suspensionplasty (TightRope) for Thumb Basal Joint Arthritis. *Hand (N Y)*. 2022;17(1):79-84. doi: 10.1177/1558944720906551.
20. Pickrell B.B., Eberlin K.R. Thumb Basal Joint Arthritis. *Clin Plast Surg*. 2019;46(3):407-413. doi: 10.1016/j.cps.2019.02.010.
21. Егиазарян К.А., Магдиев Д.А. Анализ оказания специализированной медицинской помощи больным с повреждениями и заболеваниями кисти в городе Москва и пути ее оптимизации. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2012;(2):8-12. doi: 10.17816/vto2012028-12.  
Egiazaryan K.A., Magdiev D.A. The analysis of rendering of specialized medical care by the patient with damages and hand diseases to the city of Moscow and ways of its optimization. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2012;19(2):8-12. doi: 10.17816/vto2012028-12. (In Russian).
22. Steiner M.M., Calandruccio J.H. Biologic approaches to problems of the hand and wrist. *Orthop Clin North Am*. 2017;48(3):343-349. doi: 10.1016/j.ocl.2017.03.010.
23. Loibl M., Lang S., Dendl L.M., Nerlich M., Angele P., Gehmert S. et al. Leukocyte-reduced platelet-rich plasma treatment of basal thumb arthritis: a pilot study. *Biomed Res Int*. 2016;9262909. doi: 10.1155/2016/9262909.

24. Гречухин Д.А., Керимов А.А., Найда Д.А. Лечение ризартроза внутрисуставным введением гиалуроновой кислоты с использованием ультразвуковой навигации. *Медицинский вестник*. 2021;4(6):45-50. doi: 10.53652/2782-1730-2021-2-4(6)-45-50. Grechuknin D.A., Kerimov A.A., Naida D.A. Ultrasound-guided intra-articular injection of hyaluronic acid for osteoarthritis of the carpometacarpal joint of the thumb. *Medical Bulletin*. 2021;4(6):45-50. doi: 10.53652/2782-1730-2021-2-4(6)-45-50. (In Russian).
25. Maes-Clavier C., Bellemère P., Gabrion A., David E., Rotari V., Havet E. Anatomical study of the ligamentous attachments and articular surfaces of the trapeziometacarpal joint. Consequences on surgical management of its osteoarthritis. *Chir Main*. 2014;33(2):118-123. doi: 10.1016/j.main.2013.12.004.
26. Pistorio A.L., Moore J.B. Lessons Learned: Trapeziectomy and Suture Suspension Arthroplasty for Thumb Carpometacarpal Osteoarthritis. *J Hand Microsurg*. 2020;14(3):233-239. doi: 10.1055/s-0040-1716607.
27. Cooney W.P., Chao E.Y. Biomechanical analysis of static forces in the thumb during hand function. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(1):27-36.
28. Vermeulen G.M., Slijper H., Feitz R., Hovius S.E., Moojen T.M., Selles R.W. Surgical management of primary thumb carpometacarpal osteoarthritis: a systematic review. *J Hand Surg Am*. 2011;36(1):157-169. doi: 10.1016/j.jhssa.2010.10.028.
29. Burton R.I., Pellegrini V.D. Jr. Surgical management of basal joint arthritis of the thumb. Part II. Ligament reconstruction with tendon interposition arthroplasty. *J Hand Surg Am*. 1986;11(3):324-332. doi: 10.1016/s0363-5023(86)80137-x.
30. Михалкевич Д.И., Мириленко А.П. Статистический анализ методов хирургического лечения артроза первого запястно-пястного сустава кисти. *Военная медицина*. 2019;(1):48-53. Mikhailkevich D.I., Mirilenko A.P. Statistical analysis of treatments for osteoarthritis of the first carpometacarpal joint. *Military Medicine*. 2019;(1):48-53. (In Russian).
31. Caggiari G., Polese F., Rosetti C., Ciurlia E., Brusoni M., Leone A. et al. Suspension arthroplasty in the treatment of thumb carpometacarpal osteoarthritis. *Orthop Rev (Pavia)*. 2021;12(4):8514. doi: 10.4081/or.2020.8514.
32. Behm P., Marks M., Ferguson S.J., Brodbeck M., Herren D.B. Intraoperative Load Tolerance of the Thumb Carpometacarpal Joint After Resection-Suspension-Interposition Arthroplasty. *J Hand Surg Glob Online*. 2022;4(1):40-44. doi: 10.1016/j.jhsg.2021.10.005.
33. Pistorio A.L., Moore J.B. Lessons Learned: Trapeziectomy and Suture Suspension Arthroplasty for Thumb Carpometacarpal Osteoarthritis. *J Hand Microsurg*. 2020;14(3):233-239. doi: 10.1055/s-0040-1716607.
34. Михалкевич Д.И. Выбор метода хирургического лечения артроза 1 запястно-пястного сустава. *Медицинский журнал*. 2019;(4):27-35. Mikhailkevich D.I. The choice of surgical treatment of 1<sup>st</sup> carpometacarpal osteoarthritis. *Medical Journal*. 2019;(4):27-35. (In Russian).
35. Михалкевич Д.И., Герасименко М.А., Беспальчук А.П. Хирургическое лечение ризартроза кисти способом гамакопластики с интерпозицией сухожилия длинной ладонной мышцы. *Медицинский журнал*. 2019;(1):31-36. Mikhailkevich D.I., Gerasimenko M.A., Bepalchuk A.P. Surgical treatment of rizarthrosis by the method of gamakoplastics with interposition of musculus palmaris longus tendon. *Medical Journal*. 2019;(1):31-36. (In Russian).
36. Gay A.M., Cerlier A., Iniesta A., Legré R. Surgery for trapeziometacarpal osteoarthritis. *Hand Surg Rehabil*. 2016;35(4):238-249. doi: 10.1016/j.hansur.2016.06.002.

#### Сведения об авторах

✉ Парсаданян Гайк Каренович  
 Адрес: Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1  
<https://orcid.org/0009-0008-7877-8951>  
 e-mail: gaikparsadanyan@yandex.ru

Егуазарян Карен Альбертович — д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>  
 e-mail: egkar@mail.ru

Ершов Дмитрий Сергеевич — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7005-2752>  
 e-mail: ershov0808@gmail.com

Скворцова Мария Артуровна — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-2669-1316>  
 e-mail: person.orto@gmail.com

Ратьев Андрей Петрович — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-6559-4263>  
 e-mail: ap@ratiev.ru

Афанасьев Алексей Валерьевич — канд. мед. наук  
<http://orcid.org/0009-0000-8645-6292>  
 e-mail: afaled13@mail.ru

#### Authors' information

✉ Gaik K. Parsadanyan  
 Address: 1, Ostrovityanova st., Moscow, 117997, Russia  
<https://orcid.org/0009-0008-7877-8951>  
 e-mail: gaikparsadanyan@yandex.ru

Karen A. Egiazaryan — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>  
 e-mail: egkar@mail.ru

Dmitry S. Ershov — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7005-2752>  
 e-mail: ershov0808@gmail.com

Mariya A. Skvortsova — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-2669-1316>  
 e-mail: person.orto@gmail.com

Andrey P. Ratiev — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-6559-4263>  
 e-mail: ap@ratiev.ru

Aleksei V. Afanasiev — Cand. Sci. (Med.)  
<http://orcid.org/0009-0000-8645-6292>  
 e-mail: afaled13@mail.ru



## Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии шкалы Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава AOFAS-AHS

В.А. Фомичев<sup>1</sup>, Е.П. Сорокин<sup>1</sup>, Н.С. Коновальчук<sup>1</sup>, Е.А. Пашкова<sup>1</sup>, А.П. Серeda<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.** Разработанная в 1994 г. Н. Kitaoka с соавторами шкала Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава AOFAS-AHS позволяет оценить боль, функцию, степень деформации и опороспособность заднего отдела стопы и голеностопного сустава. В научной литературе отсутствуют русскоязычные версии AOFAS-AHS, адаптированные согласно современным методикам.

**Целью** работы является культурная адаптация и валидация русскоязычной версии шкалы AOFAS-AHS, включая оценку психометрических свойств опросника.

**Материал и методы.** Оригинальная англоязычная версия шкалы AOFAS-AHS была переведена с английского на русский язык носителем русского языка. Затем был выполнен обратный перевод анкеты на английский язык другим переводчиком, родным языком которого является английский. Затем выполнено сравнение оригинальной и обратно переведенной версий с последующим представлением предфинальной кросс-культурно адаптированной версии, которая была протестирована на 10 пациентах, чтобы убедиться, что все вопросы понятны. Следующим этапом было утверждение финальной версии и ее заполнение пациентами, ожидающими оперативного вмешательства на заднем отделе стопы или голеностопном суставе. Печатный вариант финальной версии опросника заполнялся пациентами с промежутком в 3 дня. Для заполнения опросника были отобраны 44 последовательных пациента, из них 18 (41%) женщин и 26 (59%) мужчин, средний возраст которых составил 61,7 (32–78) лет. Оценка психометрических свойств русскоязычной версии опросника AOFAS-AHS (внутренняя согласованность, ретестовая надежность, ошибка измерения, отзывчивость и конструктивная валидность) была выполнена на основании принципов COSMIN (COnsensus-based Standards for the selection of health status Measurement INstruments).

**Результаты.** Средний балл по шкале AOFAS-AHS составил 49,6 (min 2; max 82) из 100 возможных. Среднее время заполнения анкеты — 4,2 мин. Во всех сформулированных гипотезах была выявлена корреляционная связь умеренной или сильной степени. Коэффициент альфа Кронбаха составил 0,76, что свидетельствует о высоком уровне внутренней согласованности элементов валидируемого опросника. Был получен хороший показатель внутриклассовой согласованности (0,83), что свидетельствует о высокой степени воспроизводимости анкеты. Эффект «потолка» и «пола» для первичных результатов опросников не превышал 15%. Средний балл по русскоязычной версии AOFAS-AHS вырос до 86,6 после оперативного лечения. Значения стандартизированного размера эффекта (ES) и стандартизированного среднего ответа (SRM) составили 5,56 и 4,83 соответственно.

**Заключение.** Адаптированная русскоязычная версия шкалы AOFAS-AHS обладает хорошими психометрическими свойствами и может быть рекомендована для оценки физической активности пациентов с патологией области голеностопного сустава и заднего отдела стопы, а также использована для оценки динамики изменений в процессе лечения.

**Ключевые слова:** голеностопный сустав, шкала AOFAS-AHS, кросс-культурная адаптация, психометрические свойства опросника.

**Для цитирования:** Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Коновальчук Н.С., Пашкова Е.А., Серeda А.П. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии шкалы Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава AOFAS-AHS. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):78–86. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16494>.

Пашкова Екатерина Анатольевна; e-mail: [caterinapashkova@yandex.ru](mailto:caterinapashkova@yandex.ru)

Рукопись получена: 28.09.2023. Рукопись одобрена: 04.12.2023. Статья опубликована онлайн: 12.12.2023.

© Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Коновальчук Н.С., Пашкова Е.А., Серeda А.П., 2023



## Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Russian-Language Version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale (AOFAS-AHS)

Viktor A. Fomichev, Evgenii P. Sorokin, Nikita S. Konovalchuk, Ekaterina A. Pashkova, Andrei P. Sereda

<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.** Developed in 1994 by H. Kitaoka et al. the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot scale (AOFAS-AHS) allows to assess pain, function, deformity and alignment of the foot and ankle. There is no Russian-language AOFAS-AHS questionnaire adapted according to current standards in the scientific literature.

**The aim** of this paper is to perform the cross-cultural adaptation and to assess the validity of the Russian-language version of the AOFAS-AHS scale, including the evaluation of its psychometric properties.

**Methods.** The original English version of the AOFAS-AHS scale was translated from English into Russian by a native Russian speaker. Then the questionnaire was back-translated into English by another translator whose native language is English. The next stage was the comparison of the original and back-translated versions, followed by the presentation of a pre-final cross-culturally adapted version, which was tested on 10 patients to ensure that the questions were comprehensible. The next step was the approval of the final version and its completion by patients to be operated on the hindfoot or ankle. The printed copy of the final version of the questionnaire was completed by the patients with an interval of 3 days. Total of 44 consecutive patients were enrolled, including 18 women (41%) and 26 men (59%), with a mean age of 61.7 (32-78) years. The psychometric properties of the Russian-language version of the AOFAS-AHS questionnaire (internal consistency, retest reliability, measurement error, responsiveness, and construct validity) were assessed based on the COSMIN (Consensus-based Standards for the selection of health status Measurement Instruments) principles.

**Results.** The mean score according to the AOFAS-AHS scale was 49.6 (min 2; max 82) out of a possible 100. The average time to complete the questionnaire was 4.2 minutes. All hypotheses formulated showed correlations of varying moderate to strong degrees. The Cronbach's alpha coefficient was 0.76, which indicates a high level of internal consistency of the elements of the validated questionnaire. A good intra-class consistency of 0.83 was obtained, which shows a high degree of reliability of the questionnaire's reproducibility. The ceiling and floor effects for the primary results of the questionnaires did not exceed 15%. The mean value of the Russian-language version of the AOFAS-AHS increased to 86.6 after surgical treatment. The values of standardized effect size (ES) and standardized response mean (SRM) were 5.56 and 4.83, respectively.

**Conclusion.** The adapted Russian-language version of the AOFAS-AHS scale showed good psychometric properties and can be recommended for assessment of the physical activity in patients with ankle and hindfoot-related pathology and can also be used for monitoring the changes during the treatment.

**Keywords:** hindfoot, ankle, AOFAS-AHS, reliability, cross-cultural adaptation, psychometric properties, validity.

---

**Cite as:** Fomichev V.A., Sorokin E.P., Konovalchuk N.S., Pashkova E.A., Sereda A.P. Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Russian-Language Version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale (AOFAS-AHS). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):78-86. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16494>.

✉ Ekaterina A. Pashkova; e-mail: [caterinapashkova@yandex.ru](mailto:caterinapashkova@yandex.ru)

Submitted: 28.09.2023. Accepted: 04.12.2023. Published Online: 12.12.2023.

© Fomichev V.A., Sorokin E.P., Konovalchuk N.S., Pashkova E.A., Sereda A.P., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Оценка функционального результата лечения пациентов с патологией голеностопного сустава является важным критерием эффективности лечения [1]. В последние годы сформировалась тенденция к использованию опросников, заполняемых самим пациентом (PROM — patient reported outcomes measure), которые дают более точную оценку функционального результата [2].

Шкала Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава AOFAS-AHS является одной из наиболее популярных шкал для оценки функции голеностопного сустава [3]. Разработанная в 1994 г. Н. Kitaoka с соавторами шкала позволяет оценить боль, функцию, деформацию и опороспособность нижней конечности [4].

Данный опросник имеет подтвержденную валидность на оригинальном языке [5, 6]. Вследствие того, что опросник заполняется пациентом на основе собственного восприятия, валидность опросника не может быть подтверждена при использовании в неанглоговорящих странах. Поэтому требуется культурная и языковая адаптация для использования в других странах и на других языках [7]. Данный опросник уже переведен с адаптацией на следующие языки: арабский [8, 9], португальский [10], голландский [11], итальянский [12], немецкий [13], персидский [14], турецкий [15] и шведский [16]. В России опубликовано исследование М.Э. Вискара с соавторами, в рамках которого опросники для оценки состояния голеностопного сустава были переведены на русский язык и адаптированы для использования в России [17]. Но авторы не использовали уже опубликованные на тот момент рекомендации по адаптации опросников [18]. Таким образом, на сегодняшний день для оценки состояния заднего отдела стопы и голеностопного сустава в Российской Федерации не существует специализированных опросников и шкал на русском языке, адаптированных в соответствии с рекомендованными стандартами.

*Цель исследования* — культурная адаптация и валидация русскоязычной версии шкалы AOFAS-AHS, включая оценку психометрических свойств опросника.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Методология исследования

Методологическая часть исследования включала выполнение перевода опросника на русский язык. В клинической части исследования выполнена оценка психометрических свойств опросника на группе пациентов с патологией голеностопного сустава.

## Пациенты

Исследование проводилось в клинике НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с ноября 2021 по август 2022 г. В исследование были включены 44 пациента с артрозом голеностопного и/или подтаранного суставов стопы, ожидающих выполнения реконструктивной операции, в том числе 18 женщин (41%) и 26 мужчин (59%). Средний возраст пациентов составил 61,7 (32–78) лет. Структура нозологии была следующей: 14 (32%) пациентов с изолированным артрозом голеностопного сустава, 16 (36%) — с артрозом голеностопного и подтаранного суставов, 5 (11%) — с хронической нестабильностью голеностопного сустава, 5 (11%) — с импинджмент-синдромом голеностопного сустава, 4 (9%) — с рассекающим остеохондритом. Все пациенты были опрошены с помощью переведенной нами на русский язык версии опросника AOFAS-AHS.

### Перевод и адаптация

Перевод и адаптация шкалы AOFAS-AHS проводились в несколько этапов:

I этап — прямой перевод с английского на русский язык носителем русского языка;

II — обратный перевод анкеты на английский язык другим переводчиком, родным языком которого является английский;

III — сравнение оригинальной и обратно переведенной версий с последующим представлением предфинальной кросс-культурно адаптированной версии, которая была протестирована на 10 пациентах, чтобы убедиться, что все вопросы понятны;

IV — утверждение финальной версии анкеты и ее заполнение пациентами, ожидающими оперативного вмешательства на заднем отделе стопы или голеностопном суставе.

### Опросник AOFAS-AHS

Опросник представлен девятью вопросами, из которых четыре оценивают боль и функцию, а пять — амплитуду движения, нестабильность, деформацию и опороспособность. Для подсчета общего количества баллов необходимо суммировать баллы за каждый из ответов, которые распределены неравномерно между разными вопросами. Количество баллов варьирует от нуля до 100, где максимальное количество баллов отражает наилучшую функцию сустава.

### Опросник EQ-5D-5L

Данный опросник был использован для проверки конструктивной валидности на основе проверки гипотез, так как его русскоязычная версия переведена разработчиками опросника в соответствии со

стандартизованным протоколом (<https://euroqol.org/support/translation-process/>), обеспечивающим эквивалентность переведенного варианта оригинальной версии. Опросник EQ-5D-5L разработан для оценки качества жизни и включает такие пункты, как подвижность, уход за собой, привычная повседневная деятельность, боль/дискомфорт, тревога/депрессия. Отвечая на каждый из пяти вопросов, пациент может выбрать один из пяти вариантов ответов, который наиболее точно соответствует его восприятию. Полученные значения затем формируют состояние здоровья респондента, закодированное пятью последовательными цифрами, которое интерпретируется в значение от 0 до 1 на основе калькулятора, поставляемого вместе с опросником. Кроме того, неотъемлемой частью опросника является визуальная аналоговая шкала, на которой пациент должен отметить состояние своего здоровья в день заполнения опросника, где 100 — это наилучшее возможное состояние. Нами была использована русскоязычная версия опросника EQ-5D-5L, взятая с сайта официального сайта [www.euroqol.org](http://www.euroqol.org).

### Психометрическая оценка

Оценка психометрических свойств русскоязычной версии опросника AOFAS-AHS (внутренняя согласованность, ретестовая надежность, ошибка измерения, отзывчивость и конструктивная валидность) была проведена на основании принципов COSMIN (COnsensus-based Standards for the selection of health status Measurement INstruments) [18].

Надежность опросника с точки зрения устойчивости результатов теста при его повторном прохождении была оценена с помощью расчета коэффициента внутриклассовой корреляции с использованием смешанной двухфакторной модели (Intraclass Correlation Coefficient — ICC) [19]. Интерпретация ICC в контексте согласованности оценивалась по следующему алгоритму:  $ICC < 0,2$  — слабая согласованность,  $ICC = 0,2-0,4$  — посредственная;  $ICC = 0,4-0,6$  — умеренная;  $ICC = 0,6-0,8$  — выраженная;  $ICC > 0,8$  — почти полная согласованность [12].

Внутренняя согласованность оценивалась с помощью коэффициента альфа Кронбаха, рассчитанного для первичных результатов опросников. Данный коэффициент оценивает корреляцию между всеми вопросами опросника и корреляцию между каждым из них и опросником в целом. Коэффициент альфа Кронабаха в диапазоне от 0,7 до 0,9 считается высоким, но если значение превышает 0,9, то это может означать, что опросник избыточен и некоторые вопросы оценивают одно и то же [20].

Оценка эффекта «потолка» и «пола», т.е. процента получения в опроснике максимальных и минимальных значений, была выполнена для первичных и повторных результатов опроса. В случае, если эффект «потолка» или «пола» присутствует, вероятно, что отсутствуют крайние значения в нижней или верхней части шкалы, что может приводить к ограничению содержательной валидности. Как следствие, это может приводить к снижению надежности опросника, так как различия между самыми низкими или самыми высокими значениями не могут быть выявлены. Низкими эффектами «потолка» и «пола» считаются значения менее 15% [19].

Конструктивная валидность показывает, насколько результаты теста могут рассматриваться в качестве меры оцениваемого конструкта [18]. В нашем исследовании с использованием методики тестирования гипотез мы оценивали корреляцию между русифицированной версией AOFAS-AHS и шкалой EQ-5D-5L. Значения корреляционного коэффициента более 0,60; от 0,40 до 0,59 и менее 0,39 интерпретировались как сильная, умеренная или слабая корреляционная связь соответственно. При тестировании гипотез мы оценивали как соотношение обеих шкал в целом, так и болевых и функциональных поддоменов. Доля подтвержденных гипотез рассчитывается как процент, и если она превышает 75%, то конструктивная валидность опросника считается подтвержденной [19].

Отзывчивость, т.е. способность опросника показывать изменения с течением времени, оценивалась по методике оценки лонгитюдной валидности. Для интерпретации изменений в баллах оценивались показатели эффекта лечения с помощью парного *t*-теста, стандартизованного размера эффекта (ES) и стандартизованного среднего ответа (SRM) [21].

### Статистический анализ

Статистический анализ был выполнен в программах PAST v. 4.13 и IBM SPSS v. 25.0. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Для оценки нормальности распределения данных был использован критерий Шапиро – Уилка. Ретестовая надежность оценивалась с использованием двухстороннего дисперсионного анализа с параметром случайных эффектов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Кросс-культурная адаптация заключалась в создании иной конструкции вопроса и дополнении переведенного текста для его лучшего понимания пациентами при заполнении анкеты. Каждый блок заполняемой шкалы мы сформулировали как вопрос, обращенный к пациенту (табл. 1).

Таблица 1

## Русскоязычная версия опросника AOFAS-AHS

<b>Боль (40 баллов)</b>	
<b>1. Как бы вы охарактеризовали боль в области голеностопного сустава и пятки?</b>	
Отсутствует	40
Легкая, возникает периодически	30
Умеренная, возникает ежедневно	20
Сильная, присутствует почти всегда	0
<b>Функция (50 баллов)</b>	
<b>2. Испытываете ли вы ограничения в повседневной жизни? Нуждаетесь ли Вы в средствах дополнительной опоры (костыли, трость, ходунки)?</b>	
Ограничений нет, в дополнительной опоре не нуждаюсь	10
Нет ограничений в повседневной жизни, ограничения при занятиях спортом, в дополнительной опоре не нуждаюсь	7
Ограничения при повседневной жизни и при любых активных занятиях, есть необходимость в использовании трости	4
Сильно выраженные ограничения в повседневной жизни и при любых активных занятиях; есть необходимость в использовании специальной обуви для ходьбы, костылей, коляски, жесткого фиксатора	0
<b>3. Какую максимальную дистанцию в метрах вы сможете пройти?</b>	
Более 2400 м	5
1600–2400 м	4
400–1200 м	2
менее 400 м	0
<b>4. Испытываете ли вы затруднения при ходьбе?</b>	
Не испытываю затруднений	5
Некоторые затруднения при ходьбе по неровным поверхностям, ступеням, при подъеме в горку	3
Значимые затруднения при ходьбе по неровным поверхностям, ступеням, при подъеме в горку	0
<b>5. Отмечаете ли вы нарушение походки?</b>	
Нет или незначительное нарушение	8
Заметное	4
Выраженное	0
<b>6. Какой объем движений в голеностопном суставе (сгибание и разгибание)?</b>	
В норме или легкое ограничение (60–100% от нормы)	8
Есть умеренное ограничение (30–59% от нормы)	4
Есть выраженное ограничение (менее 25% от нормы)	0
<b>7. Какой объем боковых движений в заднем отделе стопы (кнутри и кнаружи)?</b>	
В норме или слегка ограничены (75–100% от нормы)	6
Есть умеренное ограничение (25–74% от нормы)	3
Есть выраженное ограничение (менее 25% от нормы)	0
<b>8. Ощущаете ли вы нестабильность в голеностопном суставе и заднем отделе стопы?</b>	
Нет, не ощущаю	8
Да, ощущаю нестабильность	0
<b>Деформация и опороспособность (10 баллов)</b>	
<b>9. Отмечаете ли вы наличие деформаций в заднем отделе стопы и голеностопом суставе?</b>	
Нет, деформаций нет	10
Да, есть незначительные нарушения, опороспособность не нарушена, незначительная деформация в заднем отделе или голеностопном суставе, отсутствуют какие-либо симптомы	8
Да, стопа неопороспособная, выраженная деформация, наличие симптомов	0

Вопрос № 1 дополнили описанием локализации боли для наилучшего понимания пациентом места ее возникновения. В вопросе № 2 раскрыли понятие «средства дополнительной опоры» — костыли, трость, ходунки. Одним из дискуссионных является вопрос № 3, так как самой сложной задачей было разобраться, какое количество метров составляет один блок (“street block” — квартал в США, т.к. автор опросника Н. Kitaoka родом из США, а в каждом штате квартал может быть разной длины). Поэтому мы провели среднюю конвертацию протяженности одного квартала, что составило 100 метров. В вопросе № 6 поменяли градусы на проценты амплитуды движений от уровня нормальной функции, как в вопросе № 7. Последний модуль “Alignment” дословно переводится как «выравнивание, расположение по одной оси» (см. словарь Multitran). Так как в контексте речь идет о патологических изменениях анатомии сустава, которые приводят к нарушению опороспо-

собности и нормального функционирования, мы решили, что наиболее подходящий перевод для русскоязычных пациентов — это «деформация и опороспособность». В вопросе № 9 мы изменили формулировку «правильное расположение оси заднего отдела стопы» на «отсутствие деформации», «удовлетворительное расположение оси» на «незначительная деформация» и «плохое расположение оси» на «выраженная деформация».

Средний балл по шкале AOFAS-AHS составил 49,6 (min — 2; max — 82) из 100 возможных. Всем пациентам было подробно разъяснено, как заполнить анкету, вследствие чего заполняемость составила 100%. Среднее время заполнения анкеты составило 4,2 мин.

### Тестирование гипотез

Во всех сформулированных гипотезах была выявлена корреляционная связь умеренной или сильной степени (табл. 2).

Таблица 2

### Тестирование гипотез для определения конструктивной валидности переведенной версии опросника

Опросник	Гипотеза
АOFAS-AHS против VAS EQ-5D-5L	Сильная положительная корреляция
АOFAS-AHS против значения состояния здоровья EQ-5D-5L	Сильная положительная корреляция
АOFAS-AHS против поддомена подвижности EQ-5D-5L	Сильная отрицательная корреляция
АOFAS-AHS против поддомена ухода за собой EQ-5D-5L	Сильная отрицательная корреляция
АOFAS-AHS против поддомена привычной повседневной деятельности EQ-5D-5L	Сильная отрицательная корреляция
АOFAS-AHS против поддомена боли/дискомфорта EQ-5D-5L	Сильная отрицательная корреляция
АOFAS-AHS против поддомена тревоги/депрессии EQ-5D-5L	Отрицательная корреляция от умеренной до сильной

### Внутренняя согласованность

Значение коэффициента альфа Кронбаха составило 0,76, что позволяет говорить о высоком уровне внутренней согласованности элементов валидируемого опросника. Была выявлена выраженная корреляция между результатами ответов (в баллах) на отдельные вопросы опросника и результатами опросника целиком (табл. 3).

### Надежность

Был получен хороший показатель внутриклассовой согласованности — 0,83, что позволяет судить о высокой степени надежности воспроизводимости анкеты. Эффект потолка и пола для первичных результатов опросников не превышал 15%.

### Конструктивная валидность

Были подтверждены все гипотезы, что доказывает конструктивную валидность русскоязычной версии AOFAS-AHS. Шкала коррелировала с опросником EQ-5D-5L в целом, а также функциональным и болевым поддоменом последнего.

### Отзывчивость

Среднее значение русскоязычной версии AOFAS-AHS улучшилось до 86,6 после оперативного лечения. Значения стандартизированного размера эффекта (ES) и стандартизированного среднего ответа (SRM) составили 5,56 и 4,83 соответственно.

Таблица 3

**Характеристики базовых значений русскоязычной версии AOFAS-AHS и их внутренняя согласованность.**

Вопросы	Шкалировать среднее при исключении пункта	Исправленная корреляция между пунктом и итогом	Альфа Кронбаха при исключении пункта
1	28,45	0,82	0,82
2	44,39	0,67	0,76
3	46,57	0,67	0,77
4	47,27	0,58	0,77
5	46,68	0,53	0,76
6	46,41	0,80	0,74
7	46,86	0,66	0,77
8	45,95	0,63	0,74
9	44,14	0,53	0,75

**ОБСУЖДЕНИЕ**

В современной литературе не представлены переведенные на русский язык и адаптированные опросники для оценки состояния голеностопного сустава. Выбранная нами для перевода и адаптации шкала AOFAS-AHS является опросником, заполняемым пациентом, полученные с применением такой шкалы данные являются более надежными в сравнении со шкалами, основанными на оценке врачом [22]. Адаптация опросника проводилась в соответствии с рекомендациями по кросс-культурной адаптации для получения надежной и валидной версии опросника [7].

Мы получили сильную корреляцию в шести из семи гипотез, что подтверждает высокую конструктивную валидность русскоязычной версии исследуемого опросника, используя для сравнения данные шкалы EQ-5D-5L. Выбор опросника EQ-5D-5L был обусловлен тем, что разработчики предлагали переведенную версию этой шкалы на русский язык в соответствии со стандартизованным протоколом, обеспечивающим эквивалентность переведенной версии относительно исходной. В арабской версии для проверки гипотез была выбрана шкала SF-12, а корреляционная связь варьировала от слабой до сильной [9]. Так же шкала SF-12 была использована в турецкой версии адаптации [15]. При тестировании гипотез в итальянской версии опросника была использована шкала SF-36, в которой оценивали корреляционную связь между восемью поддоменами упомянутого ранее опросника. Корреляционная связь в гипотезах находилась в диапазоне от 0,52 до 0,82 [12]. Так же шкала SF-36 была использована авторами для оценки конструктивной валидности голландского [11] и персидского [23] вариантов шкалы, показавших хорошие результаты. Исследователи, оценивавшие конструктивную валидность датского варианта опросника AOFAS, использовали для подтвержде-

ния гипотез SEFAS опросник и получили более 75% подтвержденных гипотез [24].

Коэффициент альфа Кронбаха для AOFAS-AHS (0,76) показал хорошую внутреннюю согласованность, сопоставимую с версиями, переведенными на другие языки [8,12,14,15,23, 24, 25]. В частности, коэффициент альфа Кронбаха составлял 0,983 для арабского варианта [9], 0,696 — для персидского [14], 0,947 — для голландского [11]. Отдельно стоит отметить, что альфа Кронбаха в исследовании датского варианта опросника была 0,62 [24]. Такой относительно невысокий показатель авторы объясняли небольшим размером выборки.

Надежность «тест-ретест» показывает согласованность опросника в течение определенного интервала времени. Нами был выбран семидневный интервал, поскольку он, с одной стороны, был достаточно коротким, чтобы избежать изменений, связанных с прогрессированием заболевания, но в то же время не слишком коротким, чтобы можно было вспомнить предыдущие ответы. Интервал от семи дней был наиболее часто используемым в предыдущих исследованиях кросс-культурной адаптации [24].

Показатель ICC для русифицированной версии AOFAS-AHS (0,83) был признан хорошо воспроизводимым, что также соответствовало результатам предыдущих валидационных исследований — от 0,72 до 0,95 [8,12,14,15,23, 24, 25].

**Ограничения исследования**

Наше исследование имело ряд ограничений. Во-первых, пациенты выборки нашего исследования не отражают всю популяцию России. Учитывая, что в нашей стране насчитывается большое количество этносов, говорящих на национальных языках, для которых предложенный нами перевод будет непонятен, а анкета, заполненная такими пациентами, будет неинформативна для рутинного сбора

данных. Однако, поскольку уровень грамотности в России составляет 99%, мы уверены, что опросник будет понятен для подавляющего большинства пациентов.

Вторым ограничением данного исследования был отбор пациентов. Мы включали только пациентов с тяжелой степенью артроза голеностопного сустава, которые поступали для оперативного лечения. Это, возможно, объясняет низкий балл по шкале AOFAS-AHS в нашем исследовании.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Фомичев В.А. — сбор данных, написание текста статьи.

Сорокин Е.П. — сбор данных, редактирование текста статьи.

Коновальчук Н.С. — сбор данных, статистическая обработка данных.

Пашкова Е.А. — сбор и интерпретация 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.** Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Horwitz D.S., Richard R.D., Suk M. The reporting of functional outcome instruments in the journal of orthopaedic trauma over a 5-year period. *J Orthop Trauma*. 2014;28:2-5. doi: 10.1097/BOT.000000000000026.
- Pynsent P.B. Choosing an Outcome Measure. *J Bone Joint Surg*. 2001;83(6):792-794. doi: 10.1302/0301-620X.83B6.11973.
- Hunt K.J., Hurwit D. Use of Patient-Reported Outcome Measures in Foot and Ankle Research. *J Bone Joint Surg*. 2013;95(16):e118(1-9). doi: 10.2106/JBJS.L.01476.
- Kitaoka H.B., Alexander I.J., Adelaar R.S., Nunley J.A., Myerson M.S., Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*. 1994;15(7):349-353. doi: 10.1177/107110079401500701.
- Madeley N.J., Wing K.J., Topliss C., Penner M.J., Glazebrook M.A., Younger A.S. Responsiveness and Validity of the SF-36, Ankle Osteoarthritis Scale, AOFAS Ankle Hindfoot Score, and Foot Function Index in end stage ankle arthritis. *Foot Ankle Int*. 2012;33(1):57-63. doi: 10.3113/FAI.2012.0057.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптированная нами русскоязычная версия шкалы AOFAS-AHS обладает хорошими психометрическими данными и может быть рекомендована для оценки физической активности пациентов с патологией области голеностопного сустава и заднего отдела стопы, а также может быть использована для оценки динамики изменений в процессе лечения.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

Fomichev V.A. — data collection, writing the article.

Sorokin E.P. — data collection, drafting the article.

Konovalchuk N.S. — data collection, statistical analysis of results.

Pashkova E.A. — data collection and processing, 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.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

- Ibrahim T., Beiri A., Azzabi M., Best A.J., Taylor G.J., Menon D.K. Reliability and Validity of the Subjective Component of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Clinical Rating Scales. *J Foot Ankle Surg*. 2007;46(2):65-74. doi: 10.1053/j.jfas.2006.12.002.
- Beaton D.E., Bombardier C., Guillemin F., Ferraz M.B. Guidelines for the Process of Cross-Cultural Adaptation of Self-Report Measures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(24):3186-3191. doi: 10.1097/00007632-200012150-00014.
- Amri M.I., Alzhrani M.M., Alanazi A.D., Alqahtani M.M., Kashoo F.Z. Cross-cultural adaptation and validation of the Arabic version of the foot function index in patients with chronic lateral ankle instability. *J Foot Ankle Res*. 2022;15(1):21. doi: 10.1186/s13047-022-00527-6.
- Alhadhoud M., Alsiri N., Alsaffar M., Glazebrook M. Cross-cultural adaptation and validation of an Arabic version of the American Orthopaedics Foot and Ankle Score (AOFAS). *Foot Ankle Surg*. 2020;26(8):876-882. doi: 10.1016/j.fas.2019.11.001.

10. Rodrigues R.C., Masiero D., Mizusaki J.M., Imoto A.M., Peccin M.S., Cohen M. et al. Translation, cultural adaptation and validity of the "American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Ankle-Hindfoot Scale". *Acta Ortop Bras.* 2008;16(2):107-111. doi: 10.1590/S1413-78522008000200009.
11. de Boer A.S., Tjioe R.J.C., Van der Sijde F., Meuffels D.E., den Hoed P.T., Van der Vlies C.H. et al. The American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale; translation and validation of the Dutch language version for ankle fractures. *BMJ Open.* 2017;7(8):e017040. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017040.
12. Leigh M., Janicka P., Andorno S., Marcuzzi A., Magnani C., Grassi F. Italian translation, cultural adaptation and validation of the "American Orthopaedic Foot and Ankle Society's (AOFAS) ankle-hindfoot scale". *Acta Biomed.* 2016;87(1):38-45.
13. Kostuj T., Krummenauer F., Schaper K., Stief F., Zettersten K., Baums M.H. et al. Analysis of agreement between the German translation of the American Foot and Ankle Society's Ankle and Hindfoot Scale (AOFAS-AHS) and the Foot Function Index in its validated German translation by Naal et al. (FFI-D). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134(9):1205-1210. doi: 10.1007/s00402-014-2046-0.
14. Sayyed-Hosseinian S.H., Hassankhani G.G., Bagheri F., Alavi N., Shojaie B., Mousavian A. Validation of the Persian Version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS) Questionnaire. *Arch Bone Jt Surg.* 2018;6(3):233-239.
15. Analay Akbaba Y., Celik D., Ogut R.T. Translation, Cross-Cultural Adaptation, Reliability, and Validity of Turkish Version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale. *J Foot Ankle Surg.* 2016;55(6):1139-1142. doi: 10.1053/j.jfas.2016.06.001.
16. Cöster M.C., Rosengren B.E., Bremander A., Brudin L., Karlsson M.K. Comparison of the Self-Reported Foot and Ankle Score (SEFAS) and the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS). *Foot Ankle Int.* 2014;35(10):1031-1036. doi: 10.1177/1071100714543647.
17. Вискарра Моллинедо Э., Зимина Э.В., Гурина С.А., Ярыгин Н.В. Валидизация шкал и вопросников для оценки функционального состояния и качества жизни пациентов с переломовывихами голеностопного сустава. *Российские медицинские вестни.* 2011;16(2):61-71.
- Viskarra Mollinedo E., Zimina E.V., Gurina S.A., Yarygin N.V. Scale validation and questionnaires for assessment of functional state and quality of life of patients with ankle joint fractures. *Rossiiskie medicinskie vestni.* 2011;16(2):61-71.
18. Mokkink L.B., Terwee C.B., Patrick D.L., Alonso J., Stratford P.W., Knol D.L. et al. The COSMIN checklist for assessing the methodological quality of studies on measurement properties of health status measurement instruments: an international Delphi study. *Qual Life Res.* 2010;19(4):539-549. doi: 10.1007/s11136-010-9606-8.
19. Terwee C.B., Bot S.D.M., de Boer M.R., van der Windt D.A.W.M., Knol D.L., Dekker J. et al. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *J Clin Epidemiol.* 2007;60(1):34-42. doi: 10.1016/j.jclinepi.2006.03.012.
20. Tavakol M., Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha. *Int J Med Educ.* 2011;2:53-55. doi: 10.5116/ijme.4dfb.8dfd.
21. Husted J.A., Cook R.J., Farewell V.T., Gladman D.D. Methods for assessing responsiveness: a critical review and recommendations. *J Clin Epidemiol.* 2000;53(5):459-468. doi: 10.1016/s0895-4356(99)00206-1.
22. Deshpande P.R., Rajan S., Sudeepthi B.L., Abdul Nazir C.P. Patient-reported outcomes: A new era in clinical research. *Perspect Clin Res.* 2011;2(4):137-144. doi: 10.4103/2229-3485.86879.
23. Van Lieshout E.M.M., De Boer A.S., Meuffels D.E., Den Hoed P.T., Van der Vlies C.H., Tuinebreijer W.E. et al. American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Ankle-Hindfoot Score: a study protocol for the translation and validation of the Dutch language version. *BMJ Open.* 2017;7(2):e012884. doi: 10.1136/bmjopen-2016-012884.
24. Erichsen J., Froberg L., Viberg B., Damborg F., Jensen C. Danish Language Version of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale (AOFAS-AHS) in Patients with Ankle-Related Fractures. *J Foot Ankle Surg.* 2020;59(4):657-663. doi: 10.1053/j.jfas.2019.08.027.
25. Vosoughi A.R., Roustaei N., Mahdaviazad H. American Orthopaedic Foot and Ankle Society ankle-hindfoot scale: A cross-cultural adaptation and validation study from Iran. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(3):219-223. doi: 10.1016/j.fas.2017.02.007.

#### Сведения об авторах

✉ Пашкова Екатерина Анатольевна — канд. мед. наук  
 Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
 ул. Академика Байкова, д. 8  
<https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>  
 e-mail: caterinapashkova@yandex.ru

Фомичев Виктор Андреевич  
<https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>  
 e-mail: fomichef@mail.ru

Сорокин Евгений Петрович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>  
 e-mail: sorokinortoped@gmail.com

Коновальчук Никита Сергеевич — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>  
 e-mail: konovalchuk91@yandex.ru

Серёда Андрей Перович — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>  
 e-mail: drsereda@gmail.com

#### Authors' information

✉ Ekaterina A. Pashkova — Cand. Sci. (Med.)  
 Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,  
 Russia  
<https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>  
 e-mail: caterinapashkova@yandex.ru

Viktor A. Fomichev  
<https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>  
 e-mail: fomichef@mail.ru

Evgenii P. Sorokin — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>  
 e-mail: sorokinortoped@gmail.com

Nikita S. Konovalchuk — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>  
 e-mail: konovalchuk91@yandex.ru

Andrei P. Sereda — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7500-9219>  
 e-mail: drsereda@gmail.com



## Предложения по введению некоторых новых терминов в хирургию таза и вертлужной впадины

Н.Н. Заднепровский<sup>1</sup>, В.В. Куликов<sup>2</sup>, Я.Б. Владимирова<sup>2</sup>, П.А. Иванов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», отделение сочетанной и множественной травмы, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАО ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России», кафедра анатомии человека, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Стремительное развитие современных хирургических методов лечения переломов костей таза выявило необходимость разработки нового терминологического аппарата, так как классическая анатомическая терминология таза перестала соответствовать запросам лечебного процесса и научных исследований в данной области. Классический набор анатомических названий и ориентиров не позволяет детально описывать все нюансы повреждений при применении современных хирургических методик. Имеющееся отставание системы терминов от уровня современной тазовой хирургии должно быть устранено для возможности подробно и понятно для всех специалистов характеризовать имеющуюся патологию и проводимое лечение.

**Цель исследования** — разработать названия для некоторых частей костей таза и его областей, которые до настоящего времени не имеют своих обозначений, и предложить разработанные термины для профессионального обсуждения.

**Материал и методы.** Выполнен ретроспективный анализ рентгенограмм и компьютерных томограмм пациентов с повреждением костей таза, выполненных с 2020 по 2022 г. В результате анализа литературы был составлен список потенциальных новых анатомических терминов.

**Результаты.** В ряде случаев мы столкнулись с дефицитом терминов при диагностике повреждений таза и описании хода операций. Разработаны новые термины для обозначения областей таза и их повреждений: основание лобковой кости, вертикальные переломы основания лобковой кости, продольные переломы основания лобковой кости, неполный разрыв лобкового симфиза, основание подвздошной кости, продольный перелом основания подвздошной кости, переломоподвывих и переломовывих основания подвздошной кости, калькар подвздошной кости, калькарный шип, костный коридор.

**Заключение.** Внедрение новых анатомических терминов в клиническую практику поможет улучшить точность диагностики и планирования хирургических вмешательств в тазовой области. Стандартизация терминологии будет содействовать единообразию подходов и обмену опытом между специалистами, что послужит повышению качества хирургического лечения пациентов с повреждениями таза.

**Ключевые слова:** переломы таза, лобковая кость, лобковый симфиз, костный коридор, тазовая кость, вертлужная впадина, sciatic buttress, крестцово-подвздошное сочленение.

**Для цитирования:** Заднепровский Н.Н., Куликов В.В., Владимирова Я.Б., Иванов П.А. Предложения по введению некоторых новых терминов в хирургию таза и вертлужной впадины. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(4):87-100. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15531>.

Заднепровский Никита Николаевич; e-mail: [zacuta2011@gmail.com](mailto:zacuta2011@gmail.com)

Рукопись получена: 29.08.2023. Рукопись одобрена: 02.10.2023. Статья опубликована онлайн: 25.10.2023.

© Заднепровский Н.Н., Куликов В.В., Владимирова Я.Б., Иванов П.А., 2023



## Suggestions for Introducing Some New Terms in Pelvic and Acetabular Surgery

Nikita N. Zadneprovskiy<sup>1</sup>, Vladislav V. Kulikov<sup>2</sup>, Yana B. Vladimirova<sup>2</sup>, Pavel A. Ivanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sklifosovsky Research Institute For Emergency Medicine, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** The rapid advancement of modern surgical methods for treating pelvic bone fractures has underscored the necessity for developing a new terminological framework. This is because the classical anatomical terminology of the pelvis no longer aligns with the demands of the therapeutic process and scientific research in this field. The traditional set of anatomical names and landmarks falls short in providing detailed descriptions of all intricacies of injuries when employing contemporary surgical techniques. The existing terminology system needs to catch up with the level of contemporary pelvic surgery, enabling a comprehensive and understandable characterization of existing pathology and the treatment being administered for all medical professionals.

**Purpose of the study** was to create names for certain parts of the pelvic bones and their areas that currently lack specific designations and to propose the developed terms for professional discussion.

**Methods.** A retrospective analysis was conducted on X-rays and computer tomography scans of patients with pelvic bone injuries, performed from 2020 to 2022. A list of potential new anatomical terms was compiled through a literature review.

**Results.** In several cases, we encountered a deficiency of terms in diagnosing pelvic injuries and describing surgical procedures. New terms were developed to denote areas of the pelvis and their injuries, including the pubic bone base, vertical fractures of the pubic bone base, longitudinal fractures of the pubic bone base, incomplete rupture of the pubic symphysis, the base of the ilium, longitudinal fracture of the iliac base, fracture-subluxation and fracture-dislocation of the iliac base, calcar of the iliac bone, calcar spike, and the bone corridor.

**Conclusions.** The incorporation of new anatomical terms into clinical practice will help enhance the precision of diagnosis and surgical planning in pelvic fractures. Standardizing the terminology will promote uniformity in approaches and knowledge sharing among specialists, ultimately improving the quality of surgical care for patients with pelvic injuries.

**Keywords:** pelvic fracture, pubic bone, pubic symphysis, bone corridor, pelvic bone, acetabulum, sciatic buttress, sacroiliac joint.

**Cite as:** Zadneprovskiy N.N., Kulikov V.V., Vladimirova Ya.B., Ivanov P.A. Suggestions for Introducing Some New Terms in Pelvic and Acetabular Surgery. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):87-100. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15531>.

✉ Zadneprovskiy N. Nikita; e-mail: [zacuta2011@gmail.com](mailto:zacuta2011@gmail.com)

Submitted: 29.08.2023. Accepted: 02.10.2023. Published Online: 25.10.2023.

© Zadneprovskiy N.N., Kulikov V.V., Vladimirova Ya.B., Ivanov P.A., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

До 70-х годов прошлого столетия среди подходов к лечению повреждений тазового кольца тотально доминировала консервативная тактика. Процесс безоперационного лечения не отличался большим разнообразием методов, и используемая в дохирургический период классическая анатомическая терминология обеспечивала все возникающие потребности лечебного процесса.

С начала 1980-х гг. парадигма стала кардинально меняться. Развитие знаний и технологический прогресс в медицине привели к полной смене подходов к лечению повреждений таза. От тотально консервативного специалисты перешли к активному хирургическому лечению большинства типов переломов тазового кольца. Появление и активное развитие точных методов диагностики, большого числа новых хирургических методов и приемов потребовало более глубокой детализации при анализе характеристик переломов и описании действий хирурга. У специалистов возникла острая потребность именовать многие части таза, которые до настоящего времени не имели своих утвержденных названий в анатомической номенклатуре (и даже неофициальных обозначений в профессиональном сообществе).

Имеющаяся «терминологическая недостаточность» имеет и межъязыковой аспект. Так, нередки ситуации, когда иноязычные термины не имеют своих эквивалентов в русскоязычном поле и наоборот. Данные обстоятельства послужили основанием для разработки недостающих анатомических терминов и публикации данной работы.

*Цель исследования* — разработать названия для некоторых частей костей таза и его областей, которые до настоящего времени не имеют своих обозначений, и предложить разработанные термины для профессионального обсуждения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ретроспективно проанализированы материалы рентгенологических и КТ исследований пациентов, которые проходили обследование и лечение в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» по поводу повреждений костей таза в период с 1 января 2020 по 31 декабря 2022 г.

С помощью анализа литературы был составлен список потенциальных новых анатомических терминов, необходимых для описания анатомических структур и их особенностей.

Осуществили проработку определений и уточнение терминологии с учетом различных подходов и международных стандартов.

Предложенные анатомические термины были валидированы на реальных клинических случаях

и анатомических препаратах. Они были использованы во время операций и при анализе медицинских данных для определения их применимости и удобства в клинической практике.

Исследование провели с соблюдением принципов добровольного согласия пациентов и конфиденциальности медицинских данных. При оценке данных использовали кодифицированные анонимные данные без раскрытия личной информации о пациентах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сложная геометрия костей таза определяет большое число анатомических образований и их названий (терминов). Однако до настоящего времени есть «белые пятна» и несогласованность в анатомических названиях. Статья состоит из трех частей, каждая из которых посвящена обсуждению одной анатомической области таза и соответствующих ей терминов:

- 1) хирургическая анатомия лобковой кости и симфиза;
- 2) задний отдел подвздошной кости;
- 3) внутрикостные каналы плоских костей таза.

Указанные части статьи служат обоснованием для следующих новых терминов:

- 1) основание лобковой кости;
- 2) основание подвздошной кости;
- 3) калькар подвздошной кости;
- 4) калькарный шип;
- 5) костный коридор.

Нами предложены новые термины для обозначения переломов основания лобковой кости в зависимости от направления линий в этой зоне:

- 1) продольные переломы основания лобковой кости;
- 2) вертикальные поперечные переломы основания лобковой кости.

Дополнительно предложена простая классификация разрывов лобкового симфиза в зависимости от наличия и направления линии перелома основания лобковой кости:

- полный разрыв лобкового симфиза;
- неполный разрыв лобкового симфиза.

Предложена классификация повреждений основания подвздошной кости при частичном повреждении крестцово-подвздошного сочленения (КПС) в зависимости от направления перелома в области основания подвздошной кости:

- переломоподвывих основания подвздошной кости (+ классификация A. Day) [1];
- переломовывих основания подвздошной кости (+ классификация A. Day);
- продольный перелом основания подвздошной кости.

## 1. Хирургическая анатомия лобковой кости и симфиза

Принято считать, что лобковая кость (*os pubis*) состоит из трех частей: тела (*corpus ossis pubis*), верхней ветви (*ramus superior ossis pubis*) и нижней ветви (*ramus inferior ossis pubis*) [2]. Однако до сих пор в современных анатомических атласах и учебных пособиях сохраняется топографическая путаница: в англоязычной литературе тело лобковой кости находится в области лобкового симфиза и формирует лонное сочленение, а в отечественной литературе — в области вертлужной впадины, где представлена ее передней стенкой с участком суставной поверхности.

В зарубежной литературе термин «тело» определяется как «самая большая и наиболее значимая часть кости, например диафиз длинных костей плеча или бедра» [3]. В части локализации тел подвздошных и седалищных костей западные и отечественные анатомы едины и одинаково определяют их топографию [1, 4]. С лобковой костью ситуация менее определенная, так как мнения российских и зарубежных специалистов диаметрально расходятся. Так, западная анатомическая школа называет «телом» медиальный участок лобковой кости с отходящими из него верхней и нижней ветвями [5, 6]. Нам не удалось найти в литературе объяснение того, чем руководствовались западные анатомы, ставя тело лобковой кости топографически отдельно от тел подвздошной и седалищных костей. Кроме этого, название латерального конца верхней ветви лобковой кости, имеющего часть суставного хряща вертлужной впадины, до сих пор четко не определено. Некоторые западные авторы анатомических атласов определяют его как «передняя стенка вертлужной впадины» [7], а некоторые вообще не освещают эту тему [8].

Отечественная анатомическая школа значительно последовательнее в определении названия «тело» лобковой кости с точки зрения эмбриогенеза и анатомического соседства схожих структур [9]. «Тазовая кость, *os coxae*, парная, у детей состоит из

трех отдельных костей: подвздошной, седалищной и лобковой. У взрослого эти три кости срастаются в единую тазовую кость. Тела этих костей, соединяясь между собой, образуют на наружной поверхности тазовой кости вертлужную впадину. Подвздошная кость представляет верхний отдел вертлужной впадины, седалищная — задненижний и лобковая кость — передненижний отделы. В процессе развития в каждой из этих костей возникают самостоятельные точки окостенения, так что до 16–17-летнего возраста в области вертлужной впадины подвздошная, седалищная и лобковая кости соединяются при помощи Y-образного хряща. В дальнейшем хрящ окостеневаает, и границы между костями сглаживаются» [10]. Другими словами, если кости своими частями образуют единый анатомический орган (вертлужную впадину), то эти части тоже должны называться одинаково — в данном частном случае «телами» всех трех тазовых костей (рис. 1).

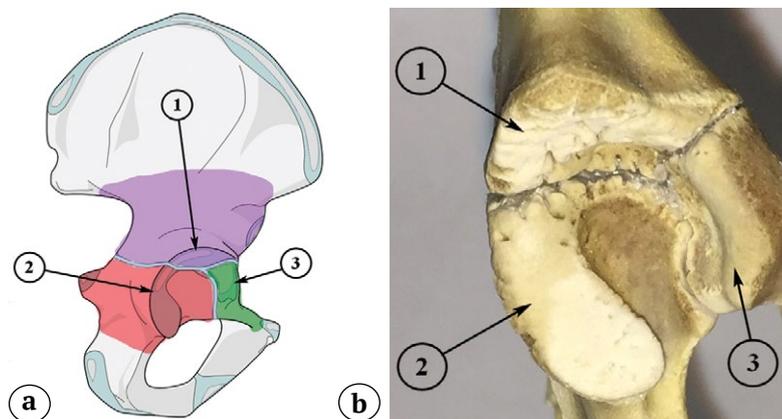
В атласе анатомии человека Р.Д. Синельникова указано: «Тело лобковой кости, *corpus ossis pubis*, образует передний отдел вертлужной впадины и непосредственно переходит в верхнюю ветвь, которая направляется вперед, вниз и медиально» [2]. Однако в этой части возникает вопрос о границах между верхней и нижней ветвями: где заканчивается верхняя ветвь и начинается нижняя? Какая из ветвей формирует лобковый симфиз? С нашей точки зрения, эти параметры необходимы для детального описания повреждений в этой области.

Чтобы внести ясность в этот вопрос, мы предлагаем делить лобковую кость условно не на три, а на четыре части и ввести термин «основание».

### Основание лобковой кости

Мы считаем, что «основанием» следует называть часть лобковой кости, которая находится медиально и формирует лобковый симфиз. Оно имеет свои границы:

- медиальная граница участвует в формировании симфиза и определяет его высоту;



**Рис. 1.** Формирование вертлужной впадины путем объединения тел подвздошной (1), седалищной (2) и лобковой (3) костей (а); фото вертлужной впадины ребенка, где подвздошная, седалищная и лобковая кости соединены при помощи Y-образного хряща (b)

**Fig. 1.** Shaping of the acetabulum by joining the bodies of the iliac (1), sciatic (2) and pubic (3) bones (a); photo of the child's acetabulum, where the iliac, sciatic, and pubic bones are joined by the Y-shaped cartilage (b)

- нижняя граница проходит горизонтально по нижнему краю лобкового симфиза и перпендикулярна медиальной границе;
- латеральная граница проходит по медиальному краю запирающего отверстия и параллельна медиальной границе;
- верхняя граница сформирована верхним кортикалом лобковой кости и включает в свой состав лобковый бугорок (рис. 2).

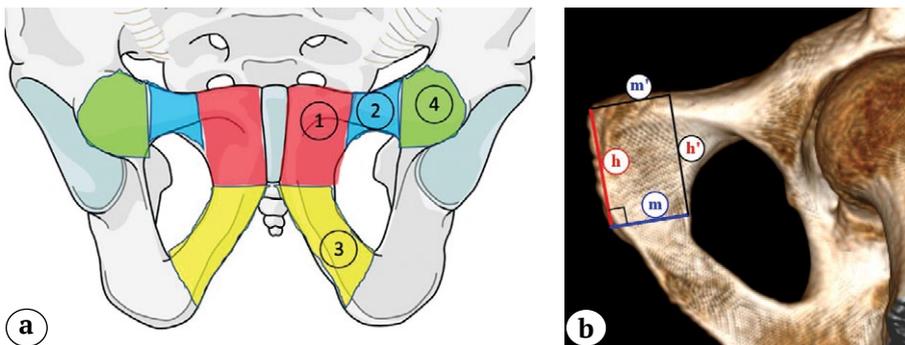
От основания лобковой кости отходят верхняя и нижняя ветви. На латеральном конце верхней ветви лобковой кости находится ее «тело», которое представляет собой костную массу, участвующую в формировании передней стенки вертлужной впадины с хрящевым покрытием.

С нашей точки зрения, эти термины помогут в определении локализации и морфологии переломов лобковых костей. Так, согласно классификации Nakatani, переломы в I зоне находятся как раз в области основания лобковой кости [11, 12]. В попытках как-то объективизировать показания

для оптимального метода лечения повреждений тазового кольца, некоторые исследователи указывают, что все переломы в этой зоне являются самыми нестабильными [13]. Однако, согласно нашим наблюдениям, это не всегда так. Изучая характер переломов, мы разделили их на две большие группы: первая — линии, идущие преимущественно вертикально, и вторая группа, в которой линии перелома идут преимущественно горизонтально и проникают в лобковое сочленение (симфиз).

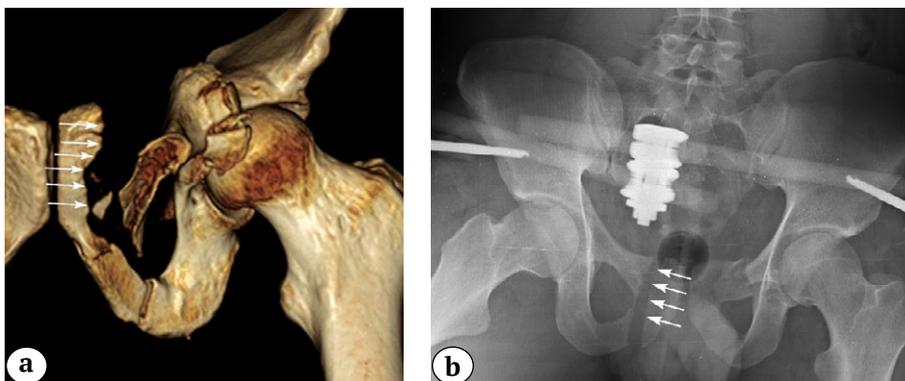
Проводя клинические наблюдения и стресс-пробы под анестезией, мы определили, что вертикальные переломы являются нестабильными и требуют оперативного лечения в отличие от горизонтальных, которые являются относительно нестабильными.

В свою очередь, вертикальные переломы можно разделить на поперечные и косые. У поперечных вертикальных переломов основания лобковой кости плоскость перелома ориентирована преимущественно в сагиттальной плоскости (рис. 3).



**Рис. 2.** Деление лобковой кости на четыре условные области: 1 — основание, 2 — верхняя ветвь, 3 — нижняя ветвь, 4 — тело (а); условные границы основания лобковой кости: h — высота основания (красного цвета), m — ширина основания (синего цвета). Черным цветом обозначены оставшиеся границы основания h' и m', которые являются сторонами достроенного прямоугольника от сторон h и m (b)

**Fig. 2.** Division of the pubic bone into four conventional regions: 1 — base, 2 — superior branch, 3 — inferior branch, 4 — body (a); conventional boundaries of the base of the pubic bone: h — height of the base (red color), m — width of the base (blue color). Black color indicates the remaining borders of the base h' and m', which are the sides of the completed rectangle from the sides h and m (b)



**Рис. 3.** Вертикальный поперечный перелом основания лобковой кости (стрелками указаны линии перелома):

- a — 3D-реконструкция КТ таза;
- b — рентгенограмма таза в прямой проекции

**Fig. 3.** Vertical transverse fracture of the base of the pubic bone (the arrows indicate the fracture lines):

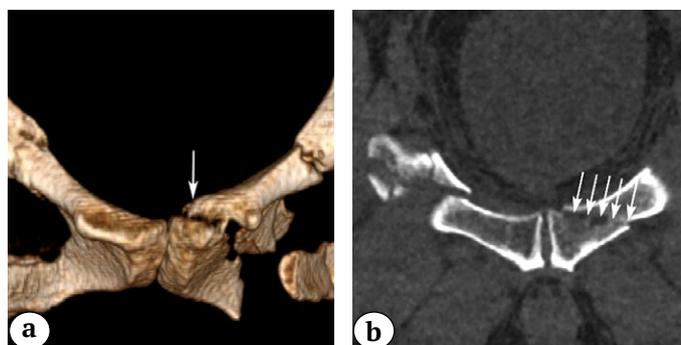
- a — 3D-CT image reconstruction;
- b — pelvic X-ray in the AP view

Еще одним вариантом нестабильного вертикального перелома основания является кривой перелом. В этом случае линия перелома проходит вдоль основания лобковой кости, не затрагивая симфиз, формируя характерный острый конец отломка (рис. 4). Мы предлагаем обозначать такие переломы как «продольные переломы основания лобковой кости».

Такие переломы потенциально опасны, так как отломки могут повредить как стенку мочевого пузыря, так и венозное сплетение в предпузырном пространстве при боковом сжатии тазового кольца.

Мы предлагаем новые термины для характеристики вертикальных переломов основания лобковой кости в зависимости от направления линий в этой зоне:

– вертикальные поперечные переломы основания лобковой кости;



– продольные переломы основания лобковой кости.

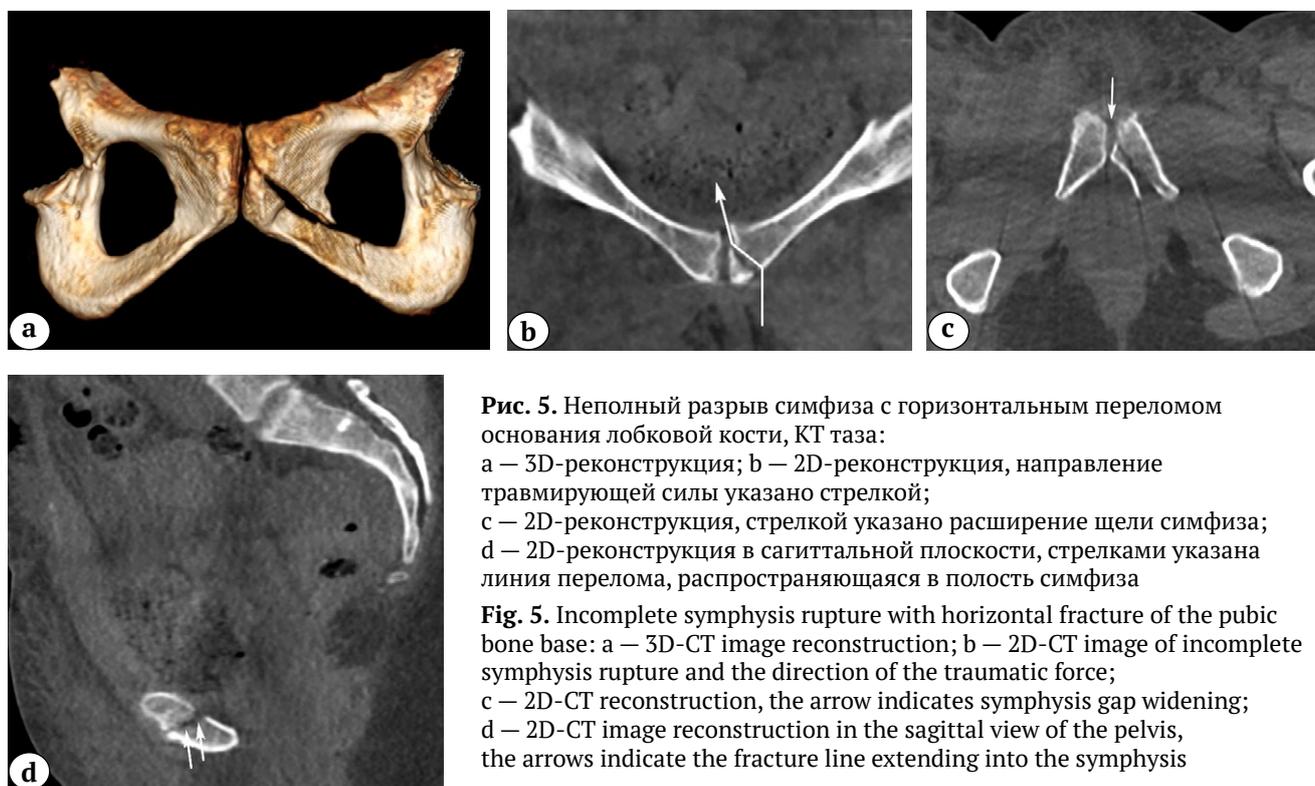
Горизонтальные переломы — вторая большая группа переломов, которые были относительно стабильными и, как правило, не требовали фиксации. С нашей точки зрения, такие переломы возникают в результате неполного разрыва симфиза. Симфиз окружен связками в виде муфты, где самыми мощными являются нижняя и верхняя связки, а задняя и передняя — самыми слабыми. Вследствие деформирующих сил на передний отдел таза происходит разрыв передней связки симфиза с продолжением воздействия на основание лобковой кости в виде горизонтально направленного перелома (рис. 5). Могут повреждаться как мощные верхние, так и нижние связки симфиза (рис. 6).

**Рис. 4.** Продольный перелом основания лобковой кости с острым концом:

а — 3D-реконструкция КТ таза, стрелкой указан острый конец отломка;  
 б — 2D-реконструкция КТ таза в аксиальной проекции, стрелками обозначено направление перелома вдоль основания лобковой кости

**Fig. 4.** Longitudinal fracture of the base of the pubic bone with a sharp ending:

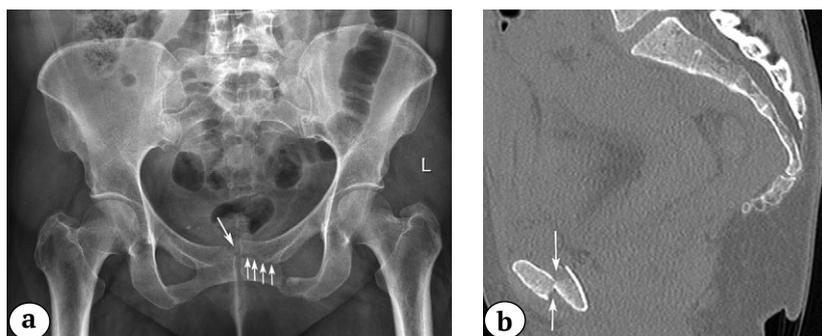
а — 3D-CT image reconstruction, the arrow indicates the sharp end of bone fragment;  
 б — 2D-CT image reconstruction in the axial view, the arrows indicate the direction of the fracture along the base of the pubic bone



**Рис. 5.** Неполный разрыв симфиза с горизонтальным переломом основания лобковой кости, КТ таза:

а — 3D-реконструкция; б — 2D-реконструкция, направление травмирующей силы указано стрелкой;  
 в — 2D-реконструкция, стрелкой указано расширение щели симфиза;  
 г — 2D-реконструкция в сагиттальной плоскости, стрелками указана линия перелома, распространяющаяся в полость симфиза

**Fig. 5.** Incomplete symphysis rupture with horizontal fracture of the pubic bone base: а — 3D-CT image reconstruction; б — 2D-CT image of incomplete symphysis rupture and the direction of the traumatic force; в — 2D-CT reconstruction, the arrow indicates symphysis gap widening; г — 2D-CT image reconstruction in the sagittal view of the pelvis, the arrows indicate the fracture line extending into the symphysis



**Рис. 6.** Рентгенограмма таза в прямой проекции: горизонтальный перелом основания лобковой кости, стрелками указаны разрыв верхней связки симфиза и частичное расширение щели симфиза (a); 2D-реконструкция КТ таза в сагиттальной проекции в области симфиза, стрелками указано смещение отломков (b)

**Fig. 6.** Pelvis X-ray in the AP view. The arrows indicate the rupture of the superior ligament of the symphysis and partial widening of the symphysis, horizontal fracture of the base of the pubic bone (a); 2D-CT image reconstruction of the pelvis in the sagittal view. The arrows mark the displacement of the fragments (b)

Таким образом, помимо уже всем известного полного разрыва симфиза, необходимо выделять неполный разрыв симфиза при наличии горизонтального перелома основания лобковой кости. В итоге мы предлагаем простую классификацию разрыва лобкового симфиза:

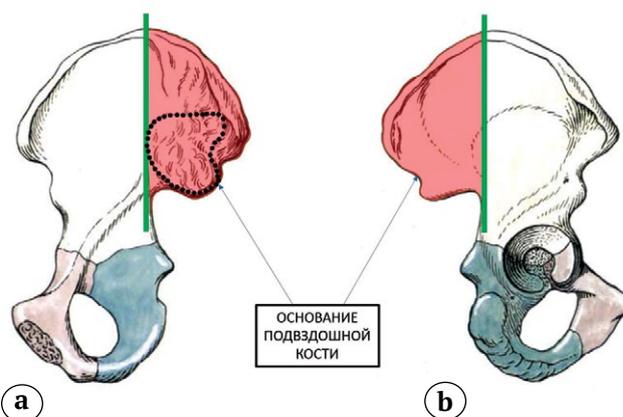
- неполный разрыв лобкового симфиза (со смещением или без);
- полный разрыв лобкового симфиза (со смещением или без).

## 2. Хирургическая анатомия заднего отдела подвздошной кости

В понятие «повреждения заднего отдела подвздошной кости» входит большой спектр повреждений — от разрывов крестцово-подвздошных сочленений до внутрисуставных переломов крыла с распространением линии перелома в КПС (так называемых crescent fracture и т.п.). Кроме того, эта область стала интересна в хирургическом аспекте, так как именно здесь вводятся остроконечные стержни противошоковой рамы Ганса, канюлированные винты при остеосинтезе крестца, проводят накостный остеосинтез пластинами. В руководствах по хирургии вертлужной впадины эта область не имеет своего определенного названия. Ввиду того, что эта область является важным связующим анатомическим звеном между колоннами вертлужной впадины и осевым скелетом, имеет смысл в появлении ее анатомо-функционального названия. Мы предлагаем для этой области ввести термин «основание подвздошной кости» с определением его условных границ.

### Основание подвздошной кости

Основание подвздошной кости — это вся область заднего отдела подвздошной кости до условной линии, опущенной по краю большой седалищной вырезки с полным захватом крестцово-подвздошного сочленения (рис. 7).



**Рис. 7.** Условная локализация основания подвздошной кости (выделено красным цветом): а — вид изнутри, пунктиром обозначена суставная поверхность крестцово-подвздошного сочленения; б — вид снаружи

**Fig. 7.** Conditional localization of the iliac bone base (highlighted in red): а — internal view, the dotted line indicates the articular surface of the sacroiliac joint; б — outside view

### Повреждения в области основания подвздошной кости

Типичным повреждением вследствие боковой компрессии, которое включает крестцово-подвздошное сочленение, является серповидный перелом (в англоязычной литературе — crescent fracture). Линия перелома проходит через основание подвздошной кости с проникновением в полость КПС, разрывая переднюю подвздошно-крестцовую связку и/или сминая боковую массу крестца. На рентгенограмме мы можем наблюдать расширение щели КПС. Такие повреждения классифицируются по АО/ОТА как переломы типа 61 B2.2 или LC-II по Young-Burgess.

Серповидный перелом образует фрагмент задней части подвздошной кости различного размера, который остается прикрепленным к задним подвздошно-крестцовым связкам, тогда как передний подвздошный сегмент смещается относительно крестца. Чем меньше фрагмент серповидного перелома, тем больше площадь суставной поверхности КПС, которая остается на переднем отломке подвздошной кости. В зависимости от проникновения линии перелома в КПС такие повреждения подразделяются на три типа согласно классификации A. Day [1]. Выбор методики для лечения серповидного перелома зависит от размера суставной поверхности, остающейся на переднем отломке подвздошной кости [4].

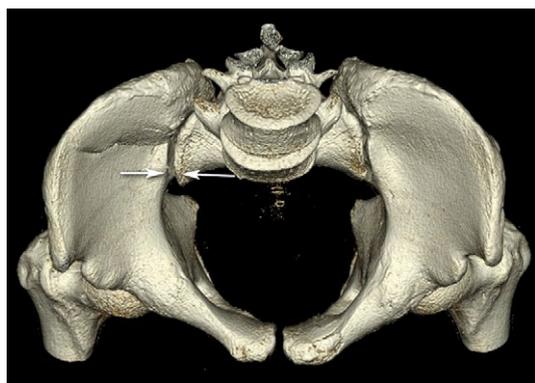
Недостаток такого подхода заключается в отсутствии общепринятого русскоязычного аналога выражения “crescent fracture”, а также отсутствии учета степени смещения отломков (подвывих, вывих). В подобных ситуациях мы предлагаем использовать словосочетание «переломоподвывих» или «вывих основания подвздошной кости» и ука-

зывать степень смещения отломка основания подвздошной кости. Например, если имеется перелом со смещением отломков меньше 1 см в области КПС, то повреждение можно описать как «переломоподвывих основания подвздошной кости» II типа (по классификации A. Day) (рис. 8).

В другом случае, когда имеется перелом со смещением отломков больше 1 см в области КПС, повреждение можно описать как «переломовывих основания подвздошной кости» II типа (по классификации A. Day) (рис. 9).

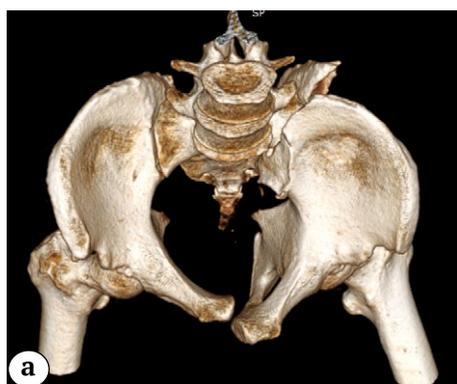
Однако при анализе переломов в области основания подвздошной кости мы встречали переломы, которые не ранжируются существующими классификациями. Например, переломы, проходящие вдоль всего основания подвздошной кости и не проникающие в полость КПС. Для таких переломов мы предлагаем свое название — продольный перелом основания подвздошной кости (рис. 10).

Таким образом, проанализировав наши наблюдения, мы предлагаем следующую классификацию повреждений в этой области, которая базируется на степени смещения отломков и дополнена классификацией A. Day.



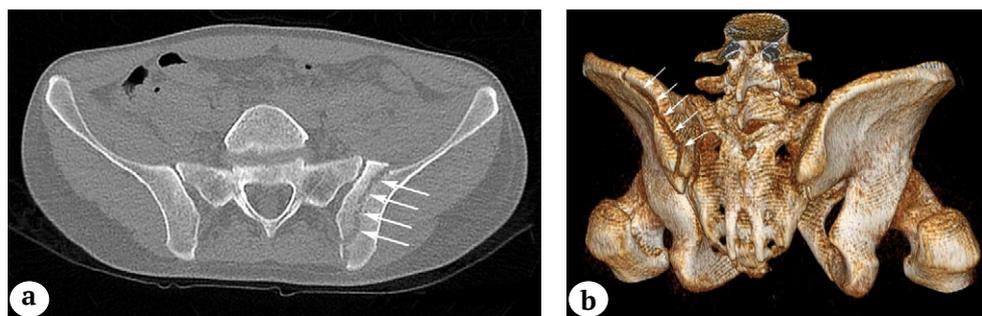
**Рис. 8.** 3D-реконструкция КТ таза в проекции «вход». Стрелками указана ширина щели КПС меньше 1 см

**Fig. 8.** 3D-CT image reconstruction of the pelvis, the inlet view. The arrows indicate the opening of the SIJ gap less than 1 cm



**Рис. 9.** 3D-реконструкция КТ таза в проекции «вход» (a); 2D-реконструкция КТ таза в аксиальной проекции — смещение отломков в области КПС больше 1 см. Стрелка указывает уровень перелома основания подвздошной кости относительно КПС (II тип по A. Day) (b)

**Fig. 9.** 3D-CT image reconstruction of the pelvis in the inlet view (a); 2D-CT image reconstruction of the pelvis in the axial view. Displacement of the fragments in the SIJ is greater than 1 cm. The arrow shows the level of the fracture of the iliac base in relation to the CPS, type II according to A. Day (b)



**Рис. 10.** Продольный перелом основания подвздошной кости:  
а — 2D-реконструкция КТ таза в аксиальной проекции; б — 3D-реконструкция КТ таза, вид сзади

**Fig. 10.** Longitudinal fracture of the base of the iliac bone:  
а — 2D-CT image reconstruction in the axial view; б — 3D-CT image reconstruction in the posterior view

#### Классификация повреждений основания подвздошной кости:

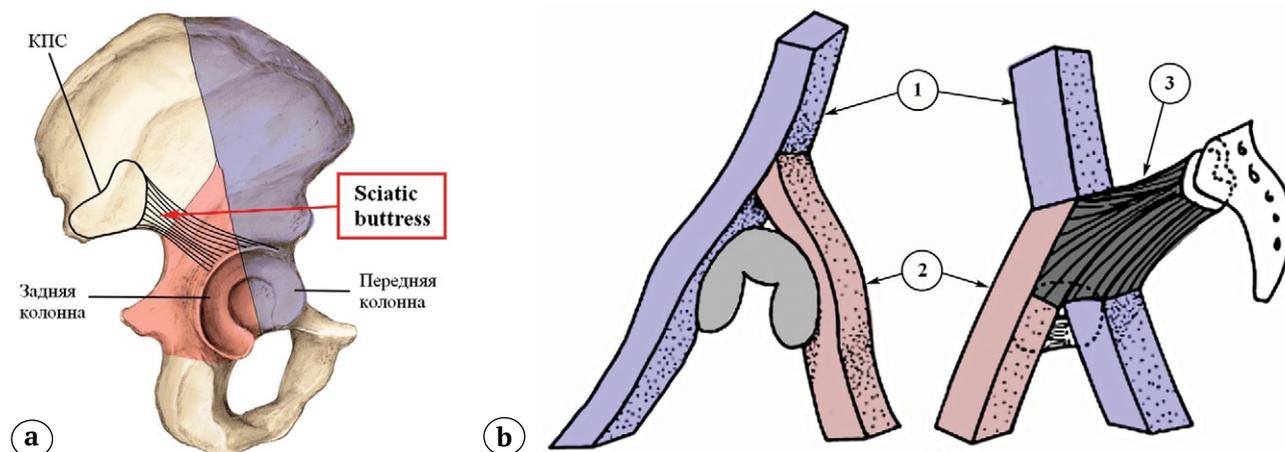
- переломоподвывих основания подвздошной кости (смещение отломков меньше 1 см) + тип по классификации A. Day;
- переломовывих основания подвздошной кости (смещение отломков больше 1 см) + тип по классификации A. Day;
- продольный перелом основания подвздошной кости.

#### Калькар

Основоположником хирургии вертлужной впадины E. Letournel была разработана классификация ее переломов на основе двухколонной концепции [14, 15]. Участок плотной губчатой кости, участвующий в передаче осевых нагрузок от обеих колонн вертлужной впадины на крестец, был обозначен как sciatic buttress (седалищная опора) (рис. 11).

Он представляет собой участок задненижнего отдела основания подвздошной кости с самым плотным губчатым веществом, который берет свое начало от КПС и продолжается далее к вертлужной впадине с формированием купола или арки большой седалищной вырезки. Если вследствие травмы теряется связь той или иной колонны с осевым скелетом через этот участок кости, то мы можем говорить о переломе передней или задней колонны. В случае потери связи с осевым скелетом суставных поверхностей обеих колонн следует трактовать повреждение как двухколонный перелом вертлужной впадины.

В отечественной литературе нет русскоязычного эквивалента этому термину, хотя, с нашей точки зрения, для понимания концепции «колонн» вертлужной впадины этот термин является очень важным. Так как эта область кости представляет собой скопление пластинок компактного вещества, через



**Рис. 11.** Условная локализация sciatic buttress в заднем отделе подвздошной кости по E. Letournel:  
а — вид снаружи; б — схема двухколонной концепции вертлужной впадины по E. Letournel;  
1 — передняя колонна; 2 — задняя колонна; 3 — sciatic buttress

**Fig. 11.** Conditional localization of the sciatic buttress in the posterior iliac bone according to E. Letournel:  
а — outside view; б — схема двухколонной концепции вертлужной впадины по E. Letournel;  
1 — anterior column; 2 — posterior column; 3 — sciatic buttress

которое распределяется напряжение, то близким по смыслу был бы термин «контрфорс». Однако он используется преимущественно при описании анатомии костей черепа — например, лобно-носовой или скуловой контрфорс [16]. Кроме того, в травматологической литературе уже давно используется равнозначное по смыслу название «калькар» (например, калькар шейки бедренной кости или шейки плеча). Так как эта структура локализуется в нижней части основания подвздошной кости, то для его обозначения мы предлагаем следующий термин — «калькар основания подвздошной кости».

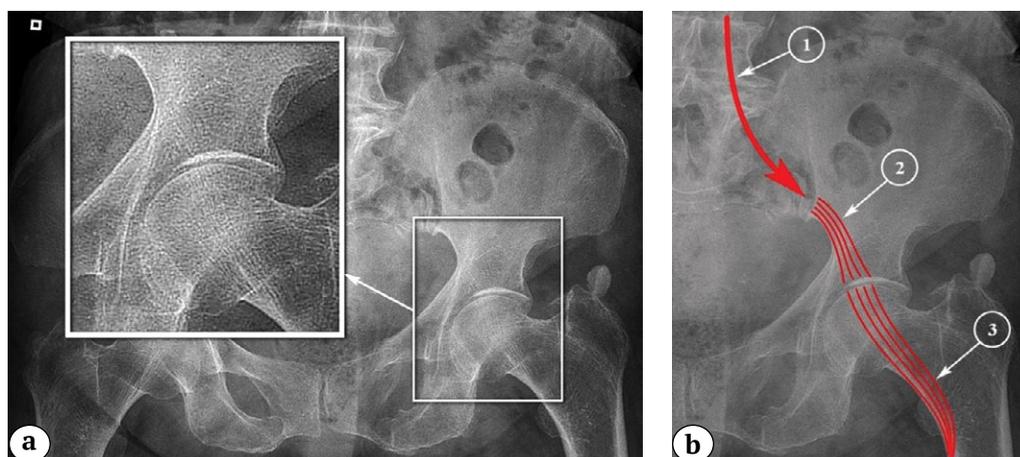
### Калькарный шип

В практике травматолога встречаются отдельные случаи транстектальных переломов вертлужной впадины с распространением линии перелома

в область калькара и образованием характерного остроконечного конца — калькарного шипа.

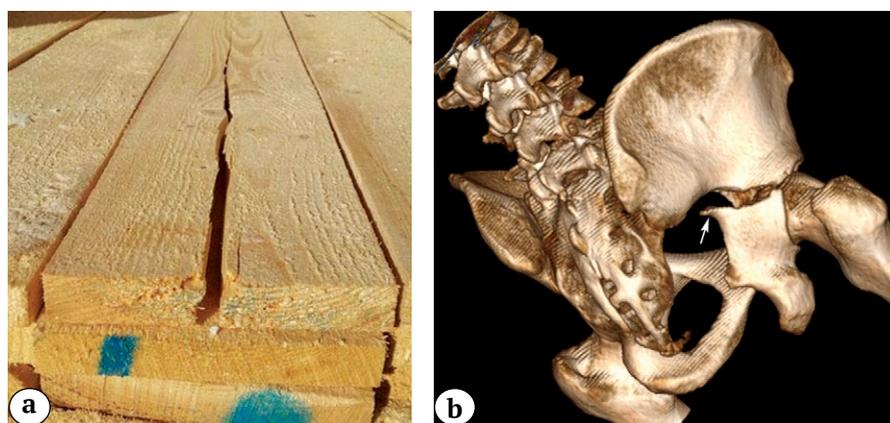
Генез морфологии такого перелома детерминирован направлением костных трабекул в этом месте (рис. 12). Похожее явление можно увидеть в природе — древесина всегда раскалывается вдоль волокон. Аналогично в случае повреждения таза линия перелома распространяется от вертлужной впадины до калькара, расщепляя его вдоль костных трабекул с образованием острого конца (калькарного шипа) (рис. 13).

Калькарный шип — важный диагностический признак. Он является патогномоничным признаком высоких (транстектальных или юкстатектальных) переломов задней колонны или поперечных переломов вертлужной впадины, требующих оперативного лечения для восстановления конгруэнтности суставной поверхности.



**Рис. 12.** Формирование костных трабекул вдоль линий силовых нагрузок шейки и головки бедренной кости на калькар подвздошной кости (а); распределение нагрузок по костным трабекулам от позвоночного столба по калькару основания подвздошной кости и далее через проксимальный отдел бедра (б).  
1 — позвоночный столб, 2 — калькар основания подвздошной кости, 3 — шейка бедренной кости

**Fig. 12.** Shaping of bone trabeculae along force loads through the femoral neck and femoral head on the iliac calcar (a); distribution of loads on bone trabeculae along the vertebral column, iliac base calcar, and hip (b).  
1 — vertebral column, 2 — iliac base calcar, 3 — femoral neck



**Рис. 13.** Раскалывание древесины вдоль волокон (а); расщепление подвздошной кости вдоль трабекул калькара с формированием острого калькарного шипа (б)

**Fig. 13.** Splitting of wood along fibers (a); splitting of the iliac bone along calcar trabeculae with formation of a sharp calcar spike (b)

Клинический же интерес обусловлен прежде всего интимным соседством относительно крупной верхней ягодичной артерии и седалищного нерва с остроконечной частью отломка задней колонны (рис. 14а). Артерия и нерв могут повреждаться как непосредственно во время травмы, так и ятрогенно во время их выделения при отрытой репозиции перелома. Интраоперационное кровотечение из верхней ягодичной артерии может представлять экзистенциальную угрозу для пациента и требует тщательной предоперационной подготовки. Повреждение седалищного нерва чревато развитием неврологических нарушений, что может привести к нарушению функции опоры нижней конечности и выраженному болевому синдрому.

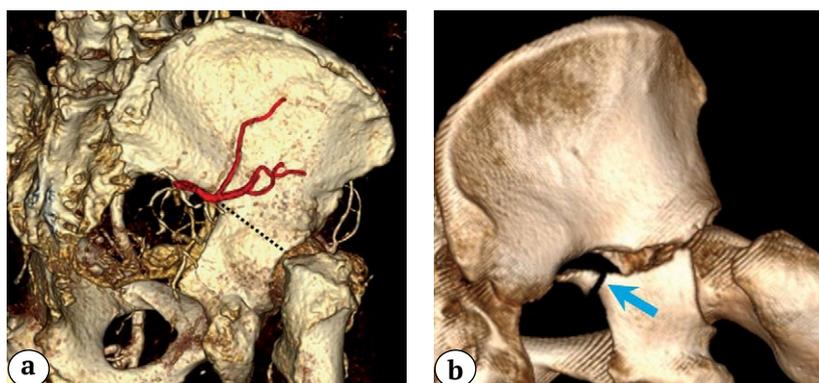
С нашей точки зрения, при наличии калькарного шипа целесообразно выполнение КТ таза с контрастированием сосудов бассейна внутренней подвздошной артерии и исключением повреждения верхней ягодичной артерии. В случае если артерия уже повреждена или находится на безопасном расстоянии от кончика шипа, возможно выполнение открытой репозиции по общепринятой методике.

В случае непосредственной близости калькарного шипа к сохранившейся верхней ягодичной артерии мы рекомендуем выполнять остеотомию небольшого его участка с острым концом, контактирующего с сосудом (рис. 14b). Данный прием значительно уменьшает риск повреждения артерии во время ее выделения, репозиционных маневров с оставшимся отломком задней колонны.

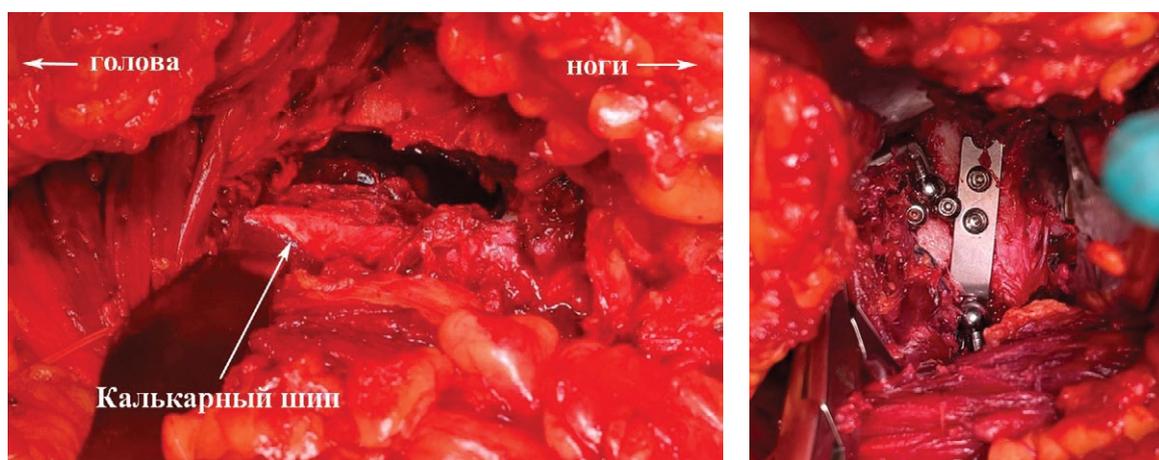
При наличии достаточного хирургического опыта и специального инструментария возможно аккуратное выделение калькарного шипа из мягких тканей и выполнение открытой репозиции по специальной методике «заборчик» (palisade technique) с применением костодержателей Дж. Матта [17]. Благодаря высокой костной плотности в области калькара не происходит раскалывания отломка даже при значительных репозиционных усилиях (рис. 15).

### 3. Внутрикостные каналы

С появлением метода фиксации переломов длинных костей блокируемыми штифтами оценка анатомии костномозгового канала (его размеров, локализации сужения (истмуса) и т.д.) стала важным



**Рис. 14.** Верхняя ягодичная артерия (а); остеотомия острия калькарного шипа, стрелкой указан уровень остеотомии (b)  
**Fig. 14.** Superior gluteal artery (a); osteotomy of the calcar spike, the arrow marks the level of osteotomy (b)



**Рис. 15.** Открытая репозиция калькарного шипа приемом «заборчик» с применением костодержателя Матта  
**Fig. 15.** Open reduction of the calcar spike with Matta clamp and plate fixation

параметром для правильного выбора фиксатора и успешного интрамедуллярного остеосинтеза. Собственно внутрикостный канал длинных костей представляет собой естественную анатомическую полость, которая ограничена диафизарной костной трубкой, заполненной костным мозгом или жиром, и имеет название «костномозговой канал». Истмус — самое узкое место костного канала. Внутреннюю поверхность истмального сужения трубчатых костей можно представить в виде «песочных часов» (однополостного гиперболоида).

В хирургии переломов таза тоже используют внутрикостные фиксаторы (винты, блокируемые штифты), однако в тазовых костях нет естественных каналов, как в длинных костях, и в основном это губчатая ткань, ограниченная тонким кортикальным слоем. Тем не менее в этих плоских костях можно выделить участки, где можно установить соответствующий фиксатор [18].

Для обозначения костного канала в плоских костях таза с целью последующей установки фиксатора мы предлагаем использовать термин «костный коридор» (рис. 16). Костный коридор — виртуальное пространство внутри плоской кости для безопасной установки фиксатора, которое складывается из всего множества возможных позиций

расположения (траекторий) фиксатора без выхода за пределы кортикального слоя.

Форма костного коридора зависит от вида фиксатора. Например, для прямого винта костный коридор выглядит в виде цилиндра, причем его максимальный диаметр равен самому узкому месту в кости по ходу его расположения. Для изогнутого фиксатора форма костного коридора, как правило, шире, но сложнее по своей геометрии. Костный коридор выглядит в виде фигуры треугольной формы со сложной изогнуто-выпуклой поверхностью и с его вершиной в области точки введения фиксатора. Изогнутость будет повторять изгиб линии терминалис, а выпуклость — совпадать с кривизной купола вертлужной впадины. Толщина такого коридора равна самому узкому месту в кости (истмусу), где он располагается (рис. 17).

Истмусы в костях таза, в отличие от трубчатых костей, представлены в виде щелевидных пространств неправильной формы между ближайшими кортикальными пластинками.

Таким образом, это позволяет использовать изогнутые имплантаты (штифты) большего диаметра в отличие от прямых (винты, спицы), что в большинстве случаев дает преимущество в стабильности фиксации.



Рис. 16. Терминология для определения внутрикостных каналов в трубчатых и плоских костях

Fig. 16. A set of terms to define medullary and intraosseus canals in tubular and flat bones

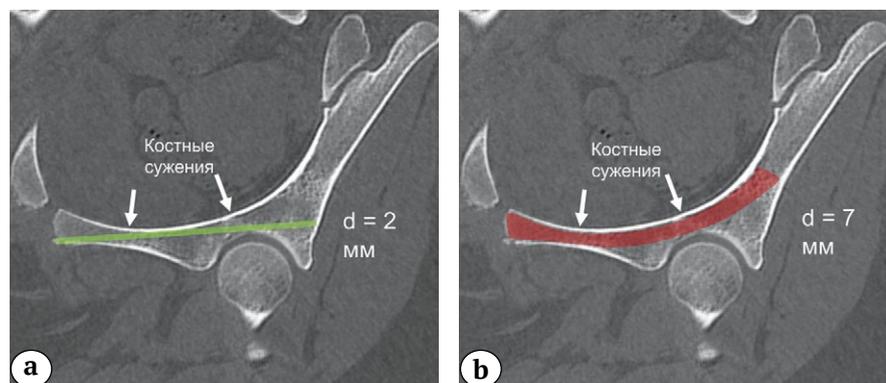


Рис. 17. КТ таза, аксиальный срез на уровне вертлужной впадины: а — костный коридор для прямого фиксатора с диаметром 2 мм; б — костный коридор для изогнутого фиксатора с диаметром 7 мм

Fig. 17. CT scan of the pelvis in the axial view at the level of the acetabulum: а — bone corridor for a straight fixator with a diameter of 2 mm; б — bone corridor for a curved fixator with a diameter of 7 mm

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данного исследования мы разработали и представили новые анатомические термины, предназначенные для использования в хирургии таза. Основываясь на анализе данных, мы убедились в их важности и применимости для улучшения коммуникации и обмена информацией в этой сложной области хирургии.

По мнению С.Д. Денисова с соавторами: «Для успешного применения единой анатомической терминологии мало ее разработать, утвердить и опубликовать. Нужна также и мотивация к ее повсеместному употреблению. Терминологическая дисциплина должна иметь организационное и административное подкрепление как со стороны государственных организаций, так и профессиональных общественных объединений (ассоциаций)» [19]. Важно также психологическое принятие необходимости перехода на новую терминологию со стороны специалистов, поскольку «критика устаревших или потерявших свое значение терминов вызывает протест и рассматривается как «покушение» на традиции» [20].

Внедрение новых анатомических терминов в клиническую практику поможет значительно улучшить точность диагностики, планирования и выполнения хирургических вмешательств при

тяжелых повреждениях таза. Стандартизация терминологии будет содействовать систематизации лечебных подходов и обмену опытом между медицинскими специалистами, что, в свою очередь, позволит повысить качество оказания хирургической помощи пациентам с переломами костей таза.

Основные положения проведенного исследования:

- тела костей таза образуют суставы (вертлужную впадину);
- основания костей таза образуют сочленения (лобковое сочленение, крестцово-подвздошное сочленение);
- калькар, располагающийся над седалищной вырезкой, — самый плотный участок основания подвздошной кости, передающий нагрузку с крестца на вертлужную впадину и обратно;
- калькарный шип — характерный перелом основания подвздошной кости в области калькара с формированием остроконечного отломка;
- в плоских костях таза следует выделять понятие «костный коридор», который является видовым по отношению к понятию «внутрикостный канал» и по сути представляет собой виртуальное пространство, геометрия которого зависит от формы имплантата.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Заднепровский Н.Н.* — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов, поиск литературы, написание текста статьи.

*Куликов В.В.* — поиск литературы, редактирование текста статьи.

*Владимирова Я.Б.* — поиск литературы, редактирование текста статьи.

*Иванов П.А.* — 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.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Zadneprovskiy N.N.* — study concept and design, data analysis and interpretation, literature search and analysis, writing the article.

*Kulikov V.V.* — literature search and analysis, drafting the article.

*Vladimirova Ya.B.* — literature search and analysis, drafting the article.

*Ivanov P.A.* — 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.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Day A.C., Kinmont C., Bircher M.D., Kumar S. Crescent fracture-dislocation of the sacroiliac joint: a functional classification. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(5):651-658. doi: 10.1302/0301-620X.89B5.18129.
- Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. *Атлас анатомии человека*. В 4-х т. Москва: Медицина; 1989. Т. I. 344 с. Sinelnikov R.D., Sinelnikov Ya.R. *Atlas of human anatomy*. In 4 vol. Moscow: Medicine; 1989. Vol. I. 344 p. (In Russian).
- Bandovic I., Holme M.R., Futterman B. *Anatomy, Bone Markings*. 2021. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- Browner B.D., Jupiter J.B., Krettek C., Anderson P.A. *Skeletal Trauma*. 6<sup>th</sup> ed. Elsevier; 2020. 2400 p.
- Роен Й.В., Йокочи Ч., Лютьен-Дреколл Э. *Большой атлас по анатомии*. Пер. с англ. Москва: АСТ; 2003. 512 с. Rohen J.W., Yokochi Ch., Lütjen-Drecoll. *Large Atlas of Anatomy*. Moscow: AST; 2003. 512 p. (In Russian).
- Фениш Х. *Карманный атлас анатомии человека на основе международной номенклатуры*. Минск: Высшая школа; 1996. 464 с. Feneis H. *Pocket Atlas of Human Anatomy Based on the International Nomenclature*. Minsk: Vysshaya shkola; 1996. 464 p. (In Russian).
- Gänsslen A., Lindahl J., Grechenig S., Füchtmeier B. (eds.) *Pelvic Ring Fractures*. Cham: Springer; 2021. 631 p.
- Miller M.D. *Orthopaedic Surgical Approaches*. 2<sup>nd</sup> ed. Saunders/Elsevier; 2014. 599 p.
- Самусев Р.П., Липченко В.Я. *Атлас анатомии человека*. 4-е изд. Москва: Оникс 21 век; 2003. с. 46. Samusev R.P., Lipchenko V.Ya. *Atlas of human anatomy*. 4<sup>th</sup> ed. Moscow: Onyx 21<sup>st</sup> Century; 2003. p. 46. (In Russian).
- Сапин М.Р., Никитюк Д.Б., Ревазов В.С. *Анатомия человека*. 5-е изд. Москва: Медицина; 2001. Т. 1. с. 190. Sapin M.R., Nikityuk D.B., Revazov V.S. *Human anatomy*. 5<sup>th</sup> ed. Moscow: Medicine; 2001. Vol. 1. p. 190. (In Russian).
- Starr A.J., Nakatani T., Reinert C.M., Cederberg K. Superior pubic ramus fractures fixed with percutaneous screws: what predicts fixation failure? *J Orthop Trauma*. 2008;22(2):81-87. doi: 10.1097/BOT.0b013e318162ab6e.
- Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Pubic Rami Fractures. In: Lasanianos N.G. et al. (eds.). *Trauma and Orthopaedic Classifications: A Comprehensive Overview*. London: Springer-Verlag; 2015. p. 275-276.
- Beckmann J., Haller J.M., Beebe M., Ali A., Presson A., Stuart A. et al. Validated Radiographic Scoring System for Lateral Compression Type 1 Pelvis Fractures. *J Orthop Trauma*. 2020;34(2):70-76. doi: 10.1097/BOT.0000000000001639.
- Letournel E. Acetabulum fractures: classification and management. *Clin Orthop Relat Res*. 1980;(151):81-106.
- Judet R., Judet J., Lanzetta A., Letournel E. Fractures of the acetabulum. Classification and guiding rules for open reduction. *Arch Orthop*. 1968;81(3):119-158. (In Italian).
- Калмин О.В. *Анатомия человека в таблицах и схемах*. 2-е изд. Пенза: Изд-во ПГУ; 2015. 330 с. Kalmin O.V. *Human anatomy in tables and diagrams*. 2<sup>nd</sup> ed. Penza; 2015. 330 p.
- Заднепровский Н.Н., Иванов П.А., Неведров А.В. «Заборчик» (palisade technique) — новый способ открытой репозиции переломов костей таза. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3): 94-100. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-94-100. Zadneprovskiy N.N., Ivanov P.A., Nevedrov A.V. Palisade Technique — the New Method for Open Reduction of Pelvic Fractures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):94-100. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-94-100.
- Bishop J.A., Routt M.L.Jr. Osseous fixation pathways in pelvic and acetabular fracture surgery. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;72(6):1502-1509. doi: 10.1097/TA.0b013e318246efe5.
- Денисов С.Д., Ярошевич С.П. Использование анатомической терминологии в медицинском образовании, науке и практике. *Здравоохранение (Минск)*. 2013;(1):18-20. Denisov S.D., Yaroshevich S.P. Use of anatomical terminology in medical education, science and practice. *Healthcare (Minsk)*. 2013;(1):18-20. (In Russian).
- Абаев Ю.К. Культура речи врача. *Здравоохранение (Минск)*. 2011;(1):30-34. Abaev Yu.K. Doctor's speech culture. *Healthcare (Minsk)*. 2011;(1):30-34. (In Russian).

## Сведения об авторах

✉ **Заднепровский Никита Николаевич** — канд. мед. наук  
 Адрес: Россия, 129090, г. Москва,  
 Большая Сухаревская площадь, д. 3  
<https://orcid.org/0000-0002-4432-9022>  
 e-mail: zacuta2011@gmail.com

**Куликов Владислав Васильевич** — д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0009-0007-2904-7135>  
 e-mail: vvk@rsmu.ru

**Владимирова Яна Борисовна** — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0009-0003-0308-6081>  
 e-mail: yv.anatomy@gmail.com

**Иванов Павел Анатольевич** — д-р мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2954-6985>  
 e-mail: ipamailbox@gmail.com

## Authors' information

✉ **Nikita N. Zadneprovskiy** — Cand. Sci. (Med.)  
 Address: 3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090,  
 Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-4432-9022>  
 e-mail: zacuta2011@gmail.com

**Vladislav V. Kulikov** — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0009-0007-2904-7135>  
 e-mail: vvk@rsmu.ru

**Yana B. Vladimirova** — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0009-0003-0308-6081>  
 e-mail: yv.anatomy@gmail.com

**Pavel A. Ivanov** — Dr. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2954-6985>  
 e-mail: ipamailbox@gmail.com



## Эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: стандартная операция или сложный случай?

А.Н. Цед, Н.Е. Муштин, А.К. Дулаев, А.В. Шмелев

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»  
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Хронический гемодиализ существенно увеличивает риски при эндопротезировании коленного сустава (ЭП КС). Среди поздних осложнений ЭП КС у пациентов, находящихся на гемодиализе, чаще встречаются глубокая перипротезная инфекция (ППИ) и асептическое расшатывание. Частота ревизионных вмешательств у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек (ХБП) существенно выше по сравнению с пациентами без патологии почек.

**Цель исследования** — на основании оценки периоперационных показателей и среднесрочных результатов первичного эндопротезирования коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе, обосновать необходимость отнесения данной категории операций к сложным случаям.

**Материал и методы.** Проведено ретроспективное рандомизированное одноцентровое когортное исследование, в которое вошли 62 пациента с различными формами гонартроза. Пациенты были разделены на две группы: группа 1 — 29 (46,8%) пациентов с терминальной стадией ХБП, находящихся на диализе, группа 2 — 33 (53,2%) пациента без патологии почек. Средний период наблюдения в обеих группах составил 3,7 года (min — 1, max — 6). Оценивали следующие показатели: возраст пациентов, длительность нахождения в стационаре, морфо-кортикальный индекс, индекс массы тела (ИМТ), длительность гемодиализа, функциональные показатели коленного сустава в баллах по шкале KSS Function Score и шкале забытого сустава (FJS-12), рентгенологические результаты по шкале KRESS, частоту различных осложнений.

**Результаты.** У пациентов группы 1 ИМТ был значимо ниже по сравнению с пациентами группы 2. Сроки госпитализации в группе 1 были выше в 1,7 раза. По шкале KSS Function Score в первые 36 мес. после операции значимых различий между группами не выявлено, однако к 4-му году наблюдения в группе 1 средние показатели по KSS Function Score снизились до 77,3 баллов, что обусловлено инфекционными осложнениями. По шкале FJS-12 в группе 2 показатели были хуже — в среднем 68,7 балла. В сроки более трех лет после операции статистически значимой разницы между группами выявлено не было, что связано с увеличением количества осложнений у пациентов в группе 1. Результаты по шкале KRESS через 43 мес. между группами не отличались и составили в среднем 4,8 балла. В группе 1 было больше ортопедических осложнений и случаев ППИ — 7 из 37.

**Заключение.** Возрастные и конституционные характеристики пациентов, находящихся на гемодиализе, существенно отличаются от больных обычной популяции. Частота ортопедических осложнений в этой группе составила 23,5%. Им необходимо имплантировать более связанные компоненты эндопротезов и модульные системы. Поэтому первичное эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе, можно отнести к категории сложных.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава, хронический гемодиализ, хроническая болезнь почек.

**Для цитирования:** Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К., Шмелев А.В. Эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: стандартная операция или сложный случай? *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):101-112. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16495>.

*Муштин Никита Евгеньевич*; [mushtin.nikita@yandex.ru](mailto:mushtin.nikita@yandex.ru)

Рукопись получена: 28.09.2023. Рукопись одобрена: 24.11.2023. Статья опубликована онлайн: 29.11.2023.

© Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К., Шмелев А.В., 2023



## Total Knee Arthroplasty in Hemodialysis Patients: Routine or Complex Surgery?

Alexander N. Tsed, Nikita E. Mushtin, Alexander K. Dulaev, Anton V. Schmeljew

*Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Department of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia*

### Abstract

**Background.** Chronic hemodialysis significantly increases the risks associated with knee replacement. Among the late complications of knee arthroplasty in hemodialysis patients, deep periprosthetic joint infection (PJI) and aseptic loosening are more frequent. The frequency of revision interventions in patients with end-stage kidney disease (ESKD) is substantially higher compared to patients with normal kidney function.

**The aim of the study** — based on the perioperative parameters and midterm outcomes to justify the primary knee replacement in chronic hemodialysis patients as complex case of arthroplasty.

**Methods.** A retrospective randomized single-center cohort study was conducted, including 62 patients with various forms of knee osteoarthritis. Patients were divided into two groups: Group 1 — 29 (46.8%) patients with end-stage renal disease (ESRD) undergoing dialysis, Group 2 — 33 (53.2%) patients without kidney pathology. The average follow-up period in both groups was 3.7 years (min — 1, max — 6). The following parameters were assessed: patient age, length of hospital stay, morphocortical index, body mass index (BMI), duration of hemodialysis, functional assessment of the knee joint using the KSS Function Score and Forgotten Joint Score-12 (FJS-12), radiological results on the KRESS, and the frequency of various complications.

**Results.** In Group 1, patients had significantly lower BMI compared to Group 2. Length of hospital stay in Group 1 were 1.7 times longer. According to the KSS Function Score, no significant differences were observed between the groups in the first 36 months after the operation. However, by the 4th year of follow-up, average KSS Function Score in Group 1 decreased to 77.3 points, which was due to infectious complications. The FJS-12 showed worse scores in Group 2, averaging 68.7 points. After more than three years post-operation, no statistically significant differences were observed between the groups, which was associated with an increase in the number of complications in Group 1. Results on the KRESS after 43 months did not differ between the groups and averaged 4.8 points. Group 1 had more orthopedic complications and cases of PJI, accounting for 7 out of 37.

**Conclusion.** Age and constitutional characteristics of patients undergoing hemodialysis significantly differ from the normal population. The frequency of complications in Group 1 was 23.5%. These patients require the implantation of more constrained implant components and modular systems. Therefore, primary knee replacement in hemodialysis patients can be classified as a complex case of arthroplasty.

**Keywords:** knee arthroplasty, chronic hemodialysis, chronic kidney disease.

---

**Cite as:** Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K., Schmeljew A.V. Total Knee Arthroplasty in Hemodialysis Patients: Routine or Complex Surgery? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):101-112. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-16495>.

✉ Nikita E. Mushtin; mushtin.nikita@yandex.ru

Submitted: 28.09.2023. Accepted: 24.11.2023. Published Online: 29.11.2023.

© Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K., Schmeljew A.V., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Эндопротезирование коленного сустава (ЭП КС) является самым эффективным хирургическим способом лечения всех этиологических форм гонартроза II–III степеней. Современные зарубежные и отечественные публикации указывают на ежегодное увеличение количества имплантируемых эндопротезов КС с хорошими долгосрочными показателями выживаемости компонентов [1, 2, 3, 4, 5].

Наличие у пациента терминальной стадии хронической болезни почек (ХБП) существенно увеличивает риски развития осложнений оперативного вмешательства, таких как кровотечения, острые сердечно-сосудистые нарушения (пароксизмы мерцательной аритмии, инфаркт миокарда, отек легких, ТЭЛА и пр.) и интраоперационные перипротезные переломы [6, 7, 8]. Среди поздних осложнений тотальной артропластики КС у гемодиализных пациентов отмечаются: глубокая перипротезная инфекция (ППИ) — до 18% [9, 10, 11] и асептическое расшатывание — 16% [12, 13]. В отечественных публикациях данная проблема освещена недостаточно.

Частота распространения терминальной стадии ХБП возрастает во всех странах экспоненциально [14]. С учетом ежегодно увеличивающейся потребности в выполнении ЭП КС, в том числе и у пациентов гемодиализного профиля, возможно в ближайшей перспективе увеличение ревизионных хирургических вмешательств. В связи с этим возрастает необходимость более тщательного анализа результатов первичного ЭП КС у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе, и разработки схем предоперационной подготовки, заключающихся в коррекции нарушений кальций-фосфорного обмена, кислотно-основного состояния организма, анемии, минеральной плотности костной ткани, тромбопрофилактики и снижения рисков инфекционных осложнений.

*Цель исследования* — на основании оценки перипротезных показателей и среднесрочных результатов первичного эндопротезирования коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе, обосновать необходимость отнесения данной категории операций к сложным случаям.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное рандомизированное одноцентровое когортное исследование, в которое

вошли 62 пациента с различными патогенетическими формами гонартроза, которым в клинике ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова в период с 2016 по 2022 г. было выполнено ЭП КС одной хирургической бригадой.

*Критерии включения* в исследование:

- 2–3 стадии деформирующего артроза КС по классификации Н.С. Косинской [15];
- костные дефекты 1–2А типа по классификации AORI [16];
- отсутствие предшествующих операций на КС в анамнезе;
- отсутствие тяжелых травм КС с наличием гемартроза;
- сроки полноценной осевой нагрузки не ранее 4 нед. с момента операции.

*Критерии невключения* в исследование:

- 1 стадия деформирующего артроза КС по классификации Н.С. Косинской;
- тяжелые варусные/вальгусные деформации КС;
- наличие в анамнезе разрывов/повреждений латеральной или медиальной коллатеральной связки, приведших к нестабильности КС;
- наличие активного инфекционного процесса в области КС в предоперационном периоде.

Все пациенты были разделены на две группы исследования: группу 1 составили 29 (46,8%) пациентов (34 операции ЭП КС) с терминальной стадией ХБП 5Д степени (хронический гемодиализ), в группу 2 вошли 33 (53,2%) пациента (37 операций) с различными формами гонартроза без патологии почек. Средний период наблюдения в обеих группах составил 3,7 года (min — 1, max — 6). Основные характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Пациенты обеих групп были сопоставимы по тяжести деформирующего артроза КС, объему предоперационного обследования, а также послеоперационному ведению. В выборку обеих групп исследования рандомизированно были включены пациенты, которым имплантировались эндопротезы одного производителя (Zimmer NexGen, Warsaw, США), но с различными вариантами степени связанности: от CR (cruciate retaining) до VVC (varus-valgus constrained). Полностью связанные системы (RHK — rotational hinge knee) из исследования исключались на этапе выборки групп исследования (табл. 2).

В обеих группах исследования для фиксации компонентов эндопротеза применялся костный цемент с гентамицином (Synicem 1G, 40 г).

Таблица 1

## Характеристика пациентов, включенных в исследование

Показатель	Группа 1 (n = 29) 34 операции	Группа 2 (n = 33) 37 операции	p
Пол, n (%)			
муж.	6 (20,6)	9 (27,7)	–
жен.	23 (79,4)	24 (72,3)	
Средний возраст, лет, M±SD; Me (Q1–Q3)	57,1±8,7; 58 (53,25–63,00)	66,7±9,5; 64 (60,00–76,00)	0,00002
ИМТ, M±SD	23,8±3,1	30,9±4,3	0,00001
Сторона поражения, n (%)			
правая	19 (55,9)	18 (48,6)	–
левая	15 (44,1)	19 (51,4)	
Деформация КС, n (%)			
варусная	30 (88,3)	34 (91,9)	–
вальгусная	4 (11,7)	3 (8,1)	
Средний срок стационарного лечения, койко-дней; Me (min/max)	15,3; 14 (8/33)	8,8; 9 (5/15)	0,00001
Морфокортикальный индекс большеберцовой кости (Бернарда–Лавала–Жентета)*, ед.; Me (min/max)	35,3; 33 (21/57)	40,8; 40 (28/51)	0,002

\* Маркс В.О. Ортопедическая диагностика. Минск: Наука и техника. 1978. С. 504–505.

Таблица 2

## Основные характеристики имплантированных эндопротезов

Характеристика имплантатов	Группа 1 (n = 34)	Группа 2 (n = 37)
Степень связанности эндопротеза:		
CR	2 (5,9%)	31 (83,8%)
PS (posterior stabilized)	28 (82,4%)	5 (13,5%)
VVC	4 (11,7%)	1 (2,7%)
Модульность тибияльного компонента:		
All Poly	7 (20,6%)	29 (78,4%)
Metal-back	24 (70,6%)	7 (18,9%)
Precoat + ножка	3 (8,8%)	1 (2,7%)
Модульность бедренного компонента:		
стандартный бедренный компонент	33 (97,1%)	37 (100%)
ревизионный компонент + ножка	1 (2,9%)	0
Замещение костного дефекта:		
цемент	4 (11,7%)	2 (5,4%)
аутокость	2 (5,9%)	3 (8,1%)
аллокость	0	0
металлический аугмент	4 (11,7%)	1 (2,7%)

Средняя продолжительность гемодиализа до операции у пациентов группы 1 составила 7,7 лет (min – 1, max – 15 лет). Процедура гемодиализа выполнялась не позднее чем за 24 ч. до эндопротезирования с целью минимизации осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы и водно-электролитной нагрузки во время операции. Оценка качества гемодиализа оценивалась посредством определения индекса  $kt/V$  (коэффициентом очищения), который у всех пациентов составлял 1,34, что свидетельствовало об адекватности использованных в предоперационном периоде диализатов.

Пациентам обеих групп перед операцией выполнялись инфузия транексамовой кислоты, а также тромбопрофилактика согласно новым методическим рекомендациям по профилактике, диагностике и лечению тромбозомболических осложнений в травматологии и ортопедии, утвержденным в 2022 г. [17]. Стандартная антибиотикопрофилактика пациентам гемодиализного профиля, утвержденная локальным приказом, предполагала использование защищенных пенициллинов в уменьшенной дозировке и в меньшей кратности введения в течение 5 дней после процедуры гемодиализа. Полноценная нагрузка разрешалась только через 4–6 нед. после операции.

Степень выраженности остеопороза у пациентов обеих групп исследования определялась рентгенометрическим методом согласно морфо-кортикальному индексу Бернарда–Лавалья–Жентета. Нормальные показатели данного индекса находятся в пределах  $48 \pm 9$  ед., при индексе менее 40 ед. устанавливался диагноз остеопороза проксимального отдела большеберцовой кости.

### Оценка результатов

В предоперационном периоде производилась оценка состояния и функции коленного сустава по шкале KSS Function Score [18]. В процессе клинического обследования выполняли тесты на варус-вальгусный стресс, Лахмана, «переднего и заднего выдвигающего ящика», оценивали степень выраженности остеопороза по стандартным рентгенограммам и при необходимости — по данным МСКТ. В процессе хирургического вмешательства оценивали среднюю продолжительность операции, объем периоперационной кровопотери, показатели стабильности гемодинамики, тип связанности эндопротеза в зависимости от степени балансировки коллатеральных связок и состоятельности задней крестообразной связки (ЗКС). Функциональные показатели по шкале KSS Function Score оценивались через 6 и 12 мес., затем ежегодно. Показатели по шкале FJS-12 после ЭП КС оценивались через 12 мес. и далее ежегодно [19]. Расчет рентгенологических критериев асептического расшатывания компонентов эндопротеза по системе KRESS (Total Knee Arthroplasty Roentgenographic Evaluation and Scoring System) производился в баллах в среднем через 43 мес. (min – 13, max – 72) [20]. Также оценивалась частота различных осложнений в течение всего периода наблюдения.

### Статистический анализ

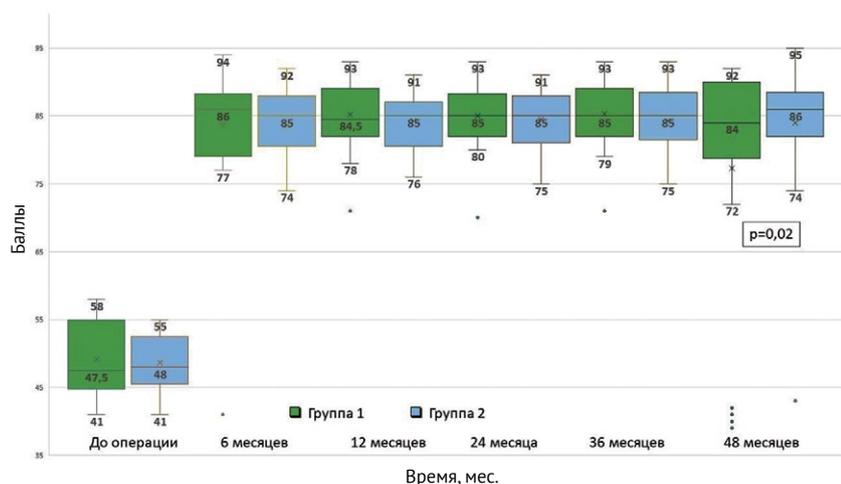
Статистическая обработка полученных данных производилась при помощи программы IBM SPSS v. 20.

Нормальность распределения количественных показателей, таких как возраст, продолжительность стационарного лечения, морфо-кортикальный индекс, ИМТ, длительность гемодиализа, функциональные характеристики коленного сустава в баллах по KSS Function Score, шкале FJS-12 и рентгенологические показатели по шкале KRESS, проводилась на основании критерия Шапиро–Уилка (в модификации J.P. Royston). При ненормальном распределении связанных выборок использовался критерий Вилкоксона, для несвязанных — критерий Манна–Уитни, при нормальном — критерий Стьюдента для связанных и несвязанных выборок. Для оценки значимости влияния вероятности развития осложнений в зависимости от наличия или отсутствия хронического гемодиализа использовался критерий  $\chi^2$  с поправкой на правдоподобие и оценкой силы связи по коэффициенту сопряженности Пирсона.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Средние сроки стационарного лечения отличались между группами. У пациентов группы 1, получавших гемодиализ 3 раза в неделю, продолжительность стационарного лечения была больше в 1,7 раза, что косвенно свидетельствует о больших экономических затратах на лечение одного пациента.

Функциональные результаты по шкале KSS Function Score в предоперационном периоде статистически не отличались между группами и в среднем составили 48 баллов (рис. 1). Через 6, 12, 24 и 36 мес. после операции статистически значимой разницы между группами по шкале KSS Function Score также не выявлено. Однако к 4-му году после первичного ЭП КС в группе пациентов, получавших гемодиализ, средние показатели по шкале KSS Function Score снизились до 77,3 баллов, что, скорее всего, обусловлено инфекционными осложнениями сразу у 5 пациентов. В группе 2 отмечено лишь одно инфекционное осложнение спустя 48 мес. после эндопротезирования.



**Рис. 1.** Средние значения показателей по шкале KSS Function Score в группах исследования за весь период наблюдения

**Fig. 1.** Knee function assessed using the KSS Function Score in the study groups over the follow-up period

Оценка по шкале FJS-12 в сроки 12–36 мес. после тотального ЭП КС у пациентов группы 1 в среднем составила 77,04 баллов (SD = 3,9) (рис. 2).

В группе 2 (без терминальной почечной патологии) показатель по шкале FJS-12 был хуже и составлял в среднем 68,72 балла (SD = 4,8). Получена статистически значимая разница ( $p < 0,0001$ ) в результатах по шкале FJS-12 между группами исследования в первые три года после эндопротезирования КС (рис. 2). Но в сроки более трех лет разницы между группами уже не выявлено, что связано с увеличением количества осложнений в группе 1. Лучшие показатели по шкале FJS-12 в группе 1 на ранних сроках после операции, скорее всего, связаны с наличием тяжелых форм полинейропатии, развивающейся на поздних стадиях ХБП, что обуславливает резкое снижение порога болевой чувствительности. Поэтому любое улучшение физического и функционального статуса, а также состояния ноцицептивной системы у пациентов гемодиализного профиля приводит к лучшим показателям по шкале FJS-12.

Рентгенологические результаты по шкале KRESS через 43 мес. статистически не отличались между группами исследования (min — 12, max — 72). В таблице 3 отражены результаты в зависимости от количества баллов, полученных методом подсчета линий просветления в различных зонах на границе «кость — имплантат» по стандартным рентгенограммам в прямой и боковой проекциях. У пациентов обеих групп не выявлено миграции компонентов эндопротеза после первичного ЭП КС. Однако большое число наблюдений с пограничными значениями (Me = 3; 1–7) в группе 1 свидетельствует о возрастающем риске ревизионных вмешательств у пациентов с терминальной стадией ХБП после ЭП КС. Также необходимо отметить, что по шкале KRESS в 89% случаев линии просветления диагностированы со стороны тиббиального компонента эндопротеза.

Клиническим примером асептического расшатывания большеберцового компонента эндопротеза, приведшего к инфекционному осложнению у пациента группы 1 после первичного ЭП КС, может служить наблюдение, продемонстрированное на рисунке 3.

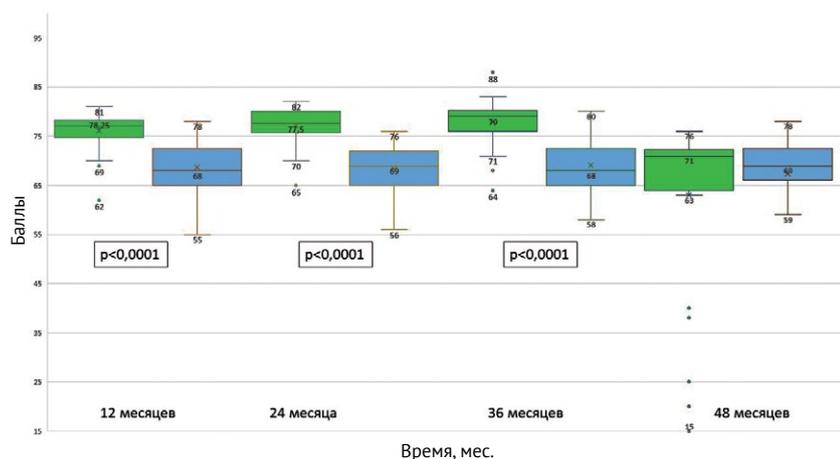


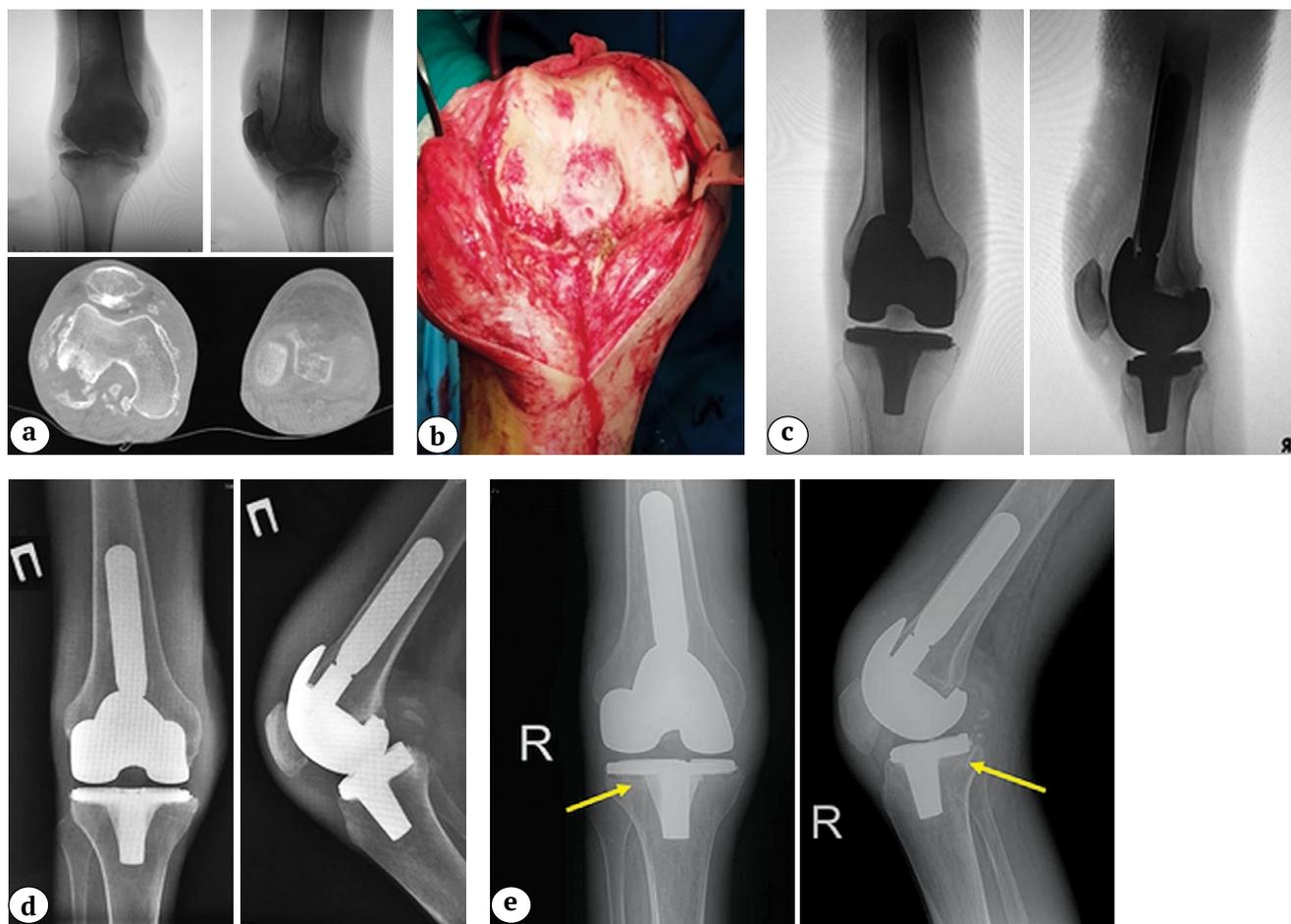
Рис. 2. Средние значения по шкале FJS-12

Fig. 2. Mean FJS-12 values

Оценка рентгенологических результатов по шкале KRESS в средние сроки наблюдения 43 мес.

Таблица 3

Линия просветления	Группа 1 (n = 34)	Группа 2 (n = 37)	p
Менее 4 баллов — незначительная	23 (67,7%)	34 (91,9%)	0,06
5–9 баллов — необходимо наблюдение в динамике	11 (32,3%)	3 (8,1%)	0,05
Более 10 баллов — миграция компонентов	—	—	—



**Рис. 3 (а, б, с, d, е).** Пациент 32 лет с вторичным деформирующим артрозом правого коленного сустава. Сопутствующий диагноз: ХБП 5Д степени, хронический гемодиализ в течение 7 лет, сахарный диабет первого типа: а — рентгенограммы в двух проекциях и МСКТ до операции: определяется костный дефект задненаружного отдела латерального мыщелка бедренной кости; б — коленный сустав после выполнения артротомии; с — рентгенограммы после тотального эндопротезирования правого коленного сустава (имплантирован эндопротез с использованием ревизионного бедренного компонента и стандартной ножки 100 мм; костный дефект замещен двумя металлическими блоками 5 и 10 мм, вкладыш заднестабилизованный; тибиаальный компонент стандартный); d — рентгенограммы через год после эндопротезирования: признаки остеолита и нестабильности компонентов эндопротеза отсутствуют; е — рентгенограммы правого коленного сустава через 3 года после эндопротезирования: отмечаются линии просветления в 3-й, 4-й и 2-й зонах тибиаального компонента по шкале KRESS (отмечено стрелками)

**Fig. 3 (a, b, c, d, e).** A 32-year-old man with secondary osteoarthritis of the right knee. Concomitant diseases: end-stage chronic kidney disease (5D stage), chronic hemodialysis for 7 years, type 1 diabetes: a — X-rays in two projections and CT scans before surgery: a bone defect is detected in the posterolateral part of the lateral femoral condyle; b — knee after arthrotomy; c — X-rays after knee replacement (a revision femoral component and a standard 100 mm stem; the bone defect was replaced with two metal blocks of 5 mm and 10 mm, posterior-stabilized insert; standard tibial component); d — X-rays one year after knee replacement: no signs of osteolysis or component instability are observed; e — X-rays of the right knee three years after arthroplasty: radiolucent lines are noted in zones 3, 4, and 2 of the tibial component according to the KRESS (indicated by arrows)



**Рис. 3 (f, g).** Пациент 32 лет с вторичным деформирующим артрозом правого коленного сустава. Сопутствующий диагноз: ХБП 5Д степени, хронический гемодиализ в течение 7 лет, сахарный диабет первого типа: f — рентгенограммы через 3 года и 7 мес. после эндопротезирования (имплантирован артикулирующий спейсер в связи с развитием глубокой перипротезной инфекции); g — рентгенограммы через 4 года и 2 мес. после первичного эндопротезирования (в связи с рецидивом инфекции артикулирующий спейсер заменен на блоковидный)

**Fig. 3 (f, g).** A 32-year-old man with secondary osteoarthritis of the right knee. Concomitant diseases: end-stage chronic kidney disease (5D stage), chronic hemodialysis for 7 years, type 1 diabetes: f — X-rays 3 years and 7 months after knee replacement (an articulating spacer was implanted); g — X-rays 4 years and 2 months after primary knee arthroplasty (an articulating spacer was replaced with a block spacer due to recurrent infection)

Таблица 4

#### Структура ортопедических осложнений в группах исследования

Осложнение	Группа 1 (n = 34)	Группа 2 (n = 37)	p
Асептическое расшатывание	0	0	–
Перипротезный перелом	1 (2,9%)	0	>0,05
Глубокая перипротезная инфекция	6 (17,6%)	1 (2,7%)	>0,05
Остаточная контрактура сустава	1 (2,9%)	1 (2,7%)	>0,05
Всего	8 (23,5%)	2 (5,4%)	0,05

Ортопедических осложнений после первичного ЭП КС было прогнозируемо больше в группе 1 (табл. 4).

Необходимо отметить, что суммарное количество осложнений не отличалось между группами, но отсутствие статистической значимости свидетельствует о необходимости дальнейших исследований в этом направлении. Возможно, при увеличении выборки пациентов и на более поздних сроках наблюдения частота ортопедических осложнений будет статистически отличаться между пациентами, перенесшими ЭП КС с терминальной стадией ХБП, и пациентами без патологии почек. Тем не менее частота ППИ была существенно выше среди пациентов, получающих гемодиализ. Кроме того, у одного пациента группы 1 при имплантации тиббиального компонента произошла перфорация латеральной стенки большеберцовой кости в связи с выраженным остеопорозом. После дополнительной оценки степени тяжести перипротезного перелома было принято решение об иммобилизации КС в ортезе и ограничении осевой нагрузки сроком до 6 нед.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя средний возраст пациентов гемодиализного профиля, перенесших тотальное ЭП КС, мы обнаружили, что данный показатель ( $57,1 \pm 8,7$ ; Me — 58) был существенно ниже по сравнению со средним возрастом пациентов без терминальной стадии ХБП ( $66,7 \pm 9,5$ ; Me — 64 года). Это соответствует данным N. Venishetty с соавторами [21]. Согласно последним отчетам регистра артропластики Швеции, средний возраст пациентов, перенесших ЭП КС, составляет  $69,1 \pm 9,0$  лет, регистра артропластики Англии и Уэльса —  $70,0 \pm 7,0$  лет, регистра эндопротезирования США —  $67,2 \pm 9,4$  года [22, 23, 24].

По данным регистра эндопротезирования НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, этот показатель в 2019 г. составлял 63,4 года, увеличиваясь за предыдущие несколько лет [25]. Гендерное соотношение мужчин и женщин с дегенеративно-дистрофическими изменениями коленного сустава, получающих заместительную почечную терапию, соответствует общей популяции (мужчин — 20,6%, женщин — 79,4%; соотношение 1:5).

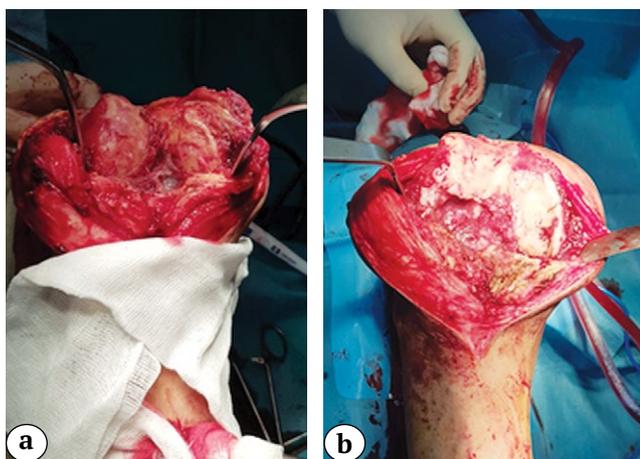
Особого внимания заслуживают данные, полученные при анализе степени связанности компонентов эндопротеза КС у пациентов гемодиализного профиля, в сравнении с пациентами группы 2 (см. табл. 2). Согласно данным регистра артропластики Англии и Уэльса за 2022 г., частота имплантации цементных эндопротезов с сохранением ЗКС составила 62,7%, заднестабилизированных (PS) — 15,3%, варус-вальгус связанных (VVC) — 1,7% [23]. Примерно такие же данные демонстрирует регистр эндопротезирования США: CR эндопротезы — 57,4%, PS — 42,5%, VVC — 0,2% с тенденцией к ежегодному увеличению частоты использования менее связанных эндопротезов, применяемых при первичном ЭП КС [24]. Несмотря на отсутствие в современной литературе сообщений об отдаленных результатах ЭП КС с применением CR и PS систем [26], в некоторых исследованиях, таких как работа G. Thuysbaert с соавторами, говорится о статистически значимых различиях в показателях по шкале FJS-12 при использовании эндопротезов CR и PS [27]. Именно этим во многом обусловлено увеличение частоты использования менее связанных систем в западноевропейских странах. Однако в нашем исследовании доля CR эндопротезов у гемодиализных пациентов составила всего 5,9%, PS — 82,4% и VVC — 11,7%.

Окончательный выбор степени связанности эндопротеза производился интраоперационно в обеих группах исследования в зависимости от состояния параартикулярных мягких тканей, эластичности коллатеральных связок и ЗКС, степени выраженности остеопороза, а также наличия и величины костных дефектов. У пациентов гемодиализного профиля в большинстве случаев отмечались слабость и гиперэластичность мягких тканей, задней капсулы, связок и мышц, окружающих КС, которые были связаны как с наличием сопутствующей

ренальной миодистрофии, так и с отложениями  $\beta$ -2 микроглобулиновых амилоидных фибрилл вокруг КС, подтвержденных гистологическими исследованиями. Кроме того, происходило формирование костных кист в мышечках бедренной и/или большеберцовой костей, также заполненных  $\beta$ -2 микроглобулиновыми амилоидными комплексами (рис. 4).

Схожие результаты были получены при анализе модульности тибиального компонента. Так, у пациентов группы 1, получавших гемодиализ, в 79% случаев имплантировали большеберцовые компоненты на металлической основе и лишь в 20,6% наблюдений — полиэтиленовые моноблоки, что отличается от показателей применения большеберцовых компонентов в группе больных без патологии почек. В работе К.А. Gustke с соавторами сообщается о более частом использовании полиэтиленовых тибиальных моноблоков у пациентов пожилого и старческого возраста [28]. V. Apostolopoulos с соавторами сообщают о лучших показателях 10-летней выживаемости эндопротезов All Poly Tibial (97,1%) в сравнении с Metal-back Tibial (93,2%) [29].

У пациентов группы 1, длительно находящихся на хроническом гемодиализе, в 29,4% случаев потребовалось применение различных методик замещения костных дефектов. Такая высокая частота компенсации дефицита костной массы обусловлена формированием костных кист в мышечках бедренной и/или большеберцовой костей, также заполненных  $\beta$ -2 микроглобулиновыми амилоидными комплексами. По данным G.F. Scheumann с соавторами, наиболее типичными локализациями формирования костных кист у пациентов, длительно получающих гемодиализ, являются головка и шейка бедренной кости, позвоночник, дистальный метаэпифиз лучевой кости, мышечки бедра [30].



**Рис. 4.** Вид коленного сустава пациентов, получающих гемодиализ, после артротомии:

а — включения  $\beta$ -2 микроглобулиновых амилоидных фибрилл вдоль капсулы, связок, мышечных волокон; б — костный дефект латерального мышечка бедренной кости с жировой тканью и белковыми амилоидными комплексами, заместившими костную ткань на фоне хронического воспаления

**Fig. 4.** View of knee joint in patients receiving hemodialysis after arthrotomy:

a — inclusions of  $\beta$ -2 microglobulin amyloid fibrils along the capsule, ligaments, and muscle fibers; b — bone defect of the lateral femoral condyle with adipose tissue and proteinaceous amyloid complexes replacing the bone tissue in the background of chronic inflammation

Одним из наиболее частых осложнений ЭП КС является глубокая ППИ. По данным А.И. Stavrakis с соавторами, частота развития ППИ в течение 90 дней после ЭП КС у пациентов гемодиализного профиля составляет 2,66% [12]. В более поздние сроки наблюдения инфекционные осложнения у больных, находящихся на гемодиализе, достигают 18% и более [9]. В нашем исследовании частота инфекционных осложнений среди пациентов с терминальной стадией ХБП через 3,4 года составила 17,6%, что сопоставимо с данными литературы. При этом мы не наблюдали ранних инфекционных осложнений в первый год после ЭП КС, что может быть связано как с рутинным использованием цемента с антибиотиком для фиксации компонентов эндопротеза, так и с индивидуальным подходом к продленной антибиотикопрофилактике у данной категории пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первичное ЭП КС у пациентов, получающих лечение в виде хронического гемодиализа, можно отнести к категории первичных сложных вмешательств. Это связано с возрастными и конс-

титucionalными характеристиками пациентов гемодиализного профиля, которые существенно отличаются от пациентов без патологии почек. Средние сроки стационарного лечения пациентов с терминальной стадией ХБП больше в 1,7 раза, а частота осложнений составила 23,5% в средние сроки наблюдения 3,7 года. При этом в первые три года отмечались лучшие показатели по шкалам KSS Function Score и FJS-12, что может быть обусловлено сопутствующей ренальной полинейропатией, снижающей порог болевой чувствительности, а также менее выраженной требовательностью к результатам артропластики коленного сустава. Пациентам, получавшим гемодиализ, чаще имплантировали более связанные эндопротезы коленного сустава (PS и VVC) по сравнению с пациентами обычной популяции, а также модульные большеберцовые и бедренные компоненты, что связано как с наличием выраженного сопутствующего системного остеопороза, так и с формированием  $\beta$ -2 микроглобулиновых амилоидных комплексов вдоль капсулы сустава, связок, мышечных волокон и формированием костных кист в мышечках бедренной и большеберцовой костей.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Цед А.Н.* — дизайн исследования, сбор и обработка данных, поиск и анализ источников литературы, написание и редактирование текста статьи.

*Муштин Н.Е.* — статистическая обработка результатов, поиск и анализ источников литературы, редактирование текста статьи.

*Дулаев А.К.* — концепция исследования, анализ и интерпретация результатов исследования.

*Шмелев А.В.* — сбор и обработка данных, поиск и анализ источников литературы, 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.** Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию его результатов и изображений.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Tsed A.N.* — study design, data collection and processing, literature search and analysis, writing and drafting the article.

*Mushtin N.E.* — data statistical analysis, literature search and analysis, drafting the article.

*Dulaev A.K.* — study concept, data analysis and interpretation.

*Schmeljew A.V.* — data collection and processing, literature search and analysis, 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.** The authors obtained written consent from patients to participate in the study and for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Преображенский П.М., Филь А.С., Корнилов Н.Н., Пантелеев А.Н., Гуацаев М.С., Каземирский А.В. и др. Эндопротезирование коленного сустава в клинической практике: анализ 36 350 наблюдений из регистра НМИЦ ТО имени Р.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):73-85. doi: 10.17816/2311-2905-9349.  
Preobrazhensky P.M., Fil A.S., Kornilov N.N., Panteleev A.N., Guatsaev M.S., Kazemirsky A.V. et al. 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). doi: 10.17816/2311-2905-9349.
- Серода А.П., Кочиш А.А., Черный А.А., Антипов А.П., Алиев А.Г., Вебер Е.В. и др. Эпидемиология эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов и перипротезной инфекции в Российской Федерации. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):84-93. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93.  
Seroda A.P., Kochish A.A., Cherny A.A., Antipov A.P., Aliev A.G., Veber E.V., et al. Epidemiology of Hip And Knee Arthroplasty and Periprosthetic Joint Infection in Russian Federation. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(3):84-93. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-84-93.
- Singh J.A. Epidemiology of knee and hip arthroplasty: a systematic review. *Open Orthop J*. 2011;5:80-85. doi: 10.2174/1874325001105010080.
- Evans J.T., Walker R.W., Evans J.P., Blom A.W., Sayers A., Whitehouse M.R. How long does a knee replacement last? A systematic review and meta-analysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up. *Lancet*. 2019;393(10172): 655-663. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32531-5.
- Pollock M., Somerville L., Firth A., Lanting B. Outpatient Total Hip Arthroplasty, Total Knee Arthroplasty, and Unicompartamental Knee Arthroplasty: A Systematic Review of the Literature. *JBJS Rev*. 2016;4(12):e4. doi: 10.2106/JBJS.RVW.16.00002.
- Муштин Н.Е., Цед А.Н., Дулаев А.К., Леонтьева Н.В., Румянцев А.Ш. Возможности использования фракционированных и нефракционированных гепаринов после первичного эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов у пациентов, получающих программный гемодиализ. *Нефрология*. 2020;24(6): 55-64. doi: 10.36485/1561-6274-2020-24-6-55-64.  
Mushtin N.E., Tsed A.N., Dulaev A.K., Leontyeva N.V., Rummyantsev A.Sh. Comparison of using fractionated and unfractionated heparins after primary hip and knee arthroplasty in patients receiving programmed hemodialysis. *Nephrology (Saint-Petersburg)*. 2020;24(6):55-64. (In Russian). doi: 10.36485/1561-6274-2020-24-6-55-64.
- Петрова Е.Н., Полушин Ю.С., Шлык И.В., Цед А.Н. Особенности периоперационного ведения пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек при эндопротезировании тазобедренного и коленного суставов. *Альманах клинической медицины*. 2019;47(3):251-265. doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-033.  
Petrova E.N., Polushin Yu.S., Shlyk I.V., Tsed A.N. Particulars of the perioperative management of patients with end stage renal disease during hip and knee replacement arthroplasty. *Almanac of Clinical Medicine*. 2019;47(3):251-265. (In Russian). doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-033.
- Цед А.Н., Дулаев А.К., Муштин Н.Е., Ильющенко К.Г., Шмелев А.В. Среднесрочные результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):44-54. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-44-54.  
Tsed A.N., Dulaev A.K., Mushtin N.E., Iliushchenko K.G., Shmelev A.V. Mid-Term Outcomes of Primary Hip Replacement in Patients with End-Stage Chronic Renal Disease. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(2):44-54. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-44-54
- Inoue D., Yazdi H., Goswami K., Tan T.L., Parvizi J. Comparison of Postoperative Complications and Survivorship of Total Hip and Knee Arthroplasty in Dialysis and Renal Transplantation Patients. *J Arthroplasty*. 2020;35(4):971-975. doi: 10.1016/j.arth.2019.10.038.
- Gkias L., Xiang W., Karasavvidis T., Windsor E.N., Sharma A.K., Sculco P.K. Total knee arthroplasty in dialysis patients: Is it safe? A systematic review of the literature. *J Orthop*. 2021;25:199-206. doi: 10.1016/j.jor.2021.05.025.
- Мурылев В.Ю., Цыгин Н.А., Шутов Е.В., Жучков А.Г., Рукин Я.А., Сорокина Г.Л. и др. Эндопротезирование крупных суставов у больных, получающих лечение программным диализом. Результаты лечения в одном центре и обзор литературы. *Нефрология и диализ*. 2019;21(2):221-233. doi: 10.28996/2618-9801-2019-2-221-233.  
Murylev V.Yu., Tsygin N.A., Shutov E.V., Zhuchkov A.G., Rukin Ya.A., Sorokina G.L. et al. Joint arthroplasty in patients treated with chronic dialysis. Results of a single center study and review. *Nephrology and Dialysis*. 2019;21(2):221-233. (In Russian). doi: 10.28996/2618-9801-2019-2-221-233.
- Stavrakis A.I., Li A.K., Uquillas C., Photopoulos C. Comparison of Total Knee Arthroplasty Outcomes Between Renal Transplant and End Stage Renal Disease Patients. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2022; 6(3):e21.00288. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00288.
- Мурылев В.Ю., Цыгин Н.А., Шутов Е.В., Жучков А.Г., Рукин Я.А. Тотальное эндопротезирование тазобедренных и коленных суставов у пациентов с хронической болезнью почек (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):138-145. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-138-145.  
Murylev V.Y., Tsygin N.A., Shutov E.V., Zhuchkov A.G., Rukin Y.A. Total hip and knee arthroplasty in patients with chronic kidney disease (review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(2):138-145. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-138-145.
- Цед А.Н., Смирнов А.В., Дулаев А.К., Румянцев А.Ш., Ананьев А.Н. Патологические повреждения костей и суставов у больных на программном гемодиализе в Санкт-Петербурге. *Нефрология*. 2019;23(6):73-82. doi: 10.36485/1561-6274-2019-236-73-82.  
Tsed A.N., Smirnov A.V., Dulaev A.K., Rummyantsev A.S., Ananyev A.N. Pathological damage of bones and joints in patients on hemodialysis in Saint Petersburg. *Nephrology (Saint-Petersburg)*. 2019;23(6):73-82. (In Russian). doi: 10.36485/1561-6274-2019-236-73-82.
- Косинская Н.С. *Дегенеративно-дистрофические поражения костно-суставного аппарата*. Медгиз: Ленинград; 1961. с. 98.  
Kosinskaya N.S. *Degenerative-dystrophic lesions of the osteoarticular apparatus*. Medgiz: Leningrad; 1961. p. 98.

16. Engh G.A., Ammeen D.J. Classification and preoperative radiographic evaluation: knee. *Orthop Clin North Am.* 1998;29(2):205-217. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70319-9.
17. Божкова С.А., Тихилов Р.М., Андрияшкин В.В., Ахтямов И.Ф., Белов М.В., Дианов С.В. и др. Профилактика, диагностика и лечение тромбоземболических осложнений в травматологии и ортопедии: методические рекомендации. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(3):136-166. doi: 10.17816/2311-2905-1993.  
Bozhkova S.A., Tikhilov R.M., Andriyashkin V.V., Akhtyamov I.F., Belov M.V., Dianov S.V. et al. Prevention, Diagnosis and Treatment of Thromboembolic Complications in Traumatology and Orthopedics: Methodological Guidelines. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(3):136-166. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-1993.
18. Lingard E.A., Katz J.N., Wright R.J., Wright E.A., Sledge C.B.; Kinemax Outcomes Group. Validity and responsiveness of the Knee Society Clinical Rating System in comparison with the SF-36 and WOMAC. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83(12):1856-1864. doi: 10.2106/00004623-200112000-00014.
19. Behrend H., Giesinger K., Giesinger J.M., Kuster M.S. The “forgotten joint” as the ultimate goal in joint arthroplasty: validation of a new patient-reported outcome measure. *J Arthroplasty.* 2012;27(3):430-436.e1. doi: 10.1016/j.arth.2011.06.035.
20. Ewald F.C. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(248):9-12.
21. Venishetty N., Wukich D.K., Beale J., Riley Martinez J., Toutoungy M., Mounasamy V. et al. Total knee arthroplasty in dialysis patients: a national inpatient sample-based study of perioperative complications. *Knee Surg Relat Res.* 2023;35(1):22. doi: 10.1186/s43019-023-00196-0.
22. Swedish Arthroplasty Register The Swedish arthroplasty register annual report 2021. Available from: <https://registercentrum.blob.core.windows.net/slr/r/SAR-Annual-Report-2021-SJIAFmlRI5.pdf>
23. The National Joint Registry 19-th Annual Report 2022 [Internet]. London: National Joint Registry; 2022 Oct. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK587525/>.
24. The Ninth Annual Report of the American Joint Replacement Registry on Hip and Knee Arthroplasty, 2022. Available from: <https://connect.registryapps.net/hubfs/PDFs%20and%20PPTs/2022%20AJRR%20Annual%20Report.pdf>.
25. Филь А., Тараканов В., Куляба Т., Корнилов Н. Тренды в первичной артропластике коленного сустава в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена и их сравнительный анализ с данными международных национальных регистров: схожи наш путь? *Гений ортопедии.* 2020;26(4):476-483. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-476-483.  
Fil A., Tarakanov V., Kulyaba T., Kornilov N. Primary knee joint arthroplasty trends at the Vreden National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics compared with other national joint replacement registries. Is our way similar? *Genij Ortopedii.* 2020;26(4):476-483. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-4-476-483.
26. Li N., Tan Y., Deng Y., Chen L. Posterior cruciate-retaining versus posterior stabilized total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(3):556-564. doi: 10.1007/s00167-012-2275-0.
27. Thuysbaert G., Luyckx T., Ryckaert A., Gunst P., Noyez J., Winnock De Grave P. Reduced joint awareness after total knee arthroplasty with a cruciate retaining design. *Acta Orthop Belg.* 2020;86(3):482-488.
28. Gustke K.A., Gelbke M.K. All-polyethylene tibial component use for elderly, low-demand total knee arthroplasty patients. *J Arthroplasty.* 2017;32(8):2421-2426. doi: 10.1016/j.arth.2017.02.077.
29. Apostolopoulos V., Nachtnabl L., Mahdal M., Pazourek L., Boháč P., Janiček P. et al. Clinical outcomes and survival comparison between NexGen all-poly and its metal-backed equivalent in total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2023;47(9):2207-2213. doi: 10.1007/s00264-023-05772-3.
30. Scheumann G.F., Holch M., Nerlich M.L., Brandis A., Ostertag H., Tscherne H. Pathological fractures and lytic bone lesion of the femoral neck associated with beta 2-microglobulin amyloid deposition in long-term dialysis patients. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1991;110(2):93-97. doi: 10.1007/BF00393881.

#### Сведения об авторах

✉ Муштин Никита Евгеньевич — канд. мед. наук

Адрес: Россия, 197022, г. Санкт-Петербург,  
ул. Льва Толстого, д. 6-8

<https://orcid.org/0000-0002-7264-7861>

e-mail: mushtin.nikita@yandex.ru

Цед Александр Николаевич — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-8392-5380>

e-mail: travma1@mail.ru

Дулаев Александр Кайсинович — д-р мед. наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0003-4079-5541>

e-mail: akdulaev@gmail.com

Шмелев Антон Владимирович

<https://orcid.org/0000-0002-1181-6545>

e-mail: schmeljew@mail.ru

#### Authors' information

✉ Nikita E. Mushtin — Cand. Sci. (Med.)

Address: 6-8, L'va Tolstogo str, St. Petersburg, 197022,  
Russia

<https://orcid.org/0000-0002-7264-7861>

e-mail: mushtin.nikita@yandex.ru

Alexander N. Tsed — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-8392-5380>

e-mail: travma1@mail.ru

Alexander K. Dulaev — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4079-5541>

e-mail: akdulaev@gmail.com

Anton V. Schmeljew

<https://orcid.org/0000-0002-1181-6545>

e-mail: schmeljew@mail.ru

Редакционная статья  
УДК 616.728.3-089.844:616.61-008.64  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17423>



## Редакционный комментарий к статье А.Н. Цеда с соавторами «Эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: стандартная операция или сложный случай?»

Н.Н. Корнилов

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

### Реферат

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) у пациентов с тяжелой соматической патологией, к которой относится и хроническая почечная недостаточность, сопряжено с повышенным риском развития осложнений. Пациенты, находящиеся на гемодиализе, требуют как специальной предоперационной подготовки, так зачастую и коррекции периперационной анальгезии, антибиотико- и тромбопрофилактики. Однако технические вопросы достижения ключевых задач ТЭКС, в частности восстановления оси конечности, стабильности сустава и полной амплитуды движений, а также достижения надежной фиксации имплантата, не отличаются от других клинических ситуаций, которые традиционно относят к сложным случаям первичного ТЭКС. Всех их объединяет потенциальная необходимость применения модульных ревизионных имплантатов при первичном ТЭКС.

**Ключевые слова:** коленный сустав, эндопротезирование, почечная недостаточность, гемодиализ.

Editorial  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17423>



## Editorial Comment on the Article by A.N. Tsed et al. “Total Knee Arthroplasty in Hemodialysis Patients: Routine or Complex Surgery?”

Nikolai N. Kornilov

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

### Abstract

Severe comorbidities, like chronic kidney disease, strongly associated with higher risk of complications after total knee arthroplasty. Therefore hemodialysis patients need specific pre-operative as well as peri-operative management, including proper analgesic, antibacterial and thromboembolic pharmacological prophylaxis. Nevertheless the technical issues that surgeon has to solve in achieving proper leg alignment, knee stability and range of motion does not differ from other complex knee primary cases when revision implants and instruments are essential part of surgical requisite.

**Key words:** knee arthroplasty, chronic kidney disease, hemodialysis.

**Для цитирования:** Корнилов Н.Н. Редакционный комментарий к статье А.Н. Цеда с соавторами «Эндопротезирование коленного сустава у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: стандартная операция или сложный случай?». *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):113-115. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17423>.

**Cite as:** Kornilov N.N. Editorial Comment on the Article by A.N. Tsed et al. “Total Knee Arthroplasty in Hemodialysis Patients: Routine or Complex Surgery?”. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):113-115. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17423>.

Корнилов Николай Николаевич / Nikolai N. Kornilov; e-mail: drkornilov@hotmail.com

Получен: 28.11.2023. Опубликовано: 15.12.2023. Submitted: 28.11.2023. Published: 15.12.2023.

© Корнилов Н.Н. / Kornilov N.N., 2023

Тотальное эндопротезирование зарекомендовало себя как эффективный и надежный метод хирургического лечения пациентов с терминальными стадиями дегенеративных заболеваний коленного сустава [1]. Тем не менее любой отличный от идиопатического гонартроза патологический процесс, приводящий к разрушению сустава, ассоциирован с повышенным риском ранних и поздних послеоперационных осложнений, среди которых преобладают перипротезная инфекция и асептическое расшатывание имплантата [2].

Работа А.Н. Цеда с соавторами посвящена ретроспективному анализу среднесрочных результатов тотальной артропластики у пациентов, находящихся на гемодиализе. Хроническую почечную недостаточность (ХПН) традиционно относят к важным факторам коморбидности, увеличивающим вероятность как неблагоприятных исходов эндопротезирования, так значимого сокращения продолжительности жизни после замены сустава на искусственный [3]. Пациенты данной категории требуют специальной предоперационной подготовки и более длительного нахождения в стационаре после операции для коррекции как ранее имеющихся, так и вновь возникающих нарушений в работе органов и систем, что наглядно демонстрирует и данная работа. Кроме специальных организационных мероприятий для обеспечения гемодиализа в пред- и послеоперационном периодах, необходима индивидуальная коррекция практически всей фармакотерапии: периоперационной анальгезии, антибиотико- и тромبوпрофилактики, что, несомненно, выделяет этих больных среди многих других с тяжелой сопутствующей соматической патологией.

К сложным случаям первичного эндопротезирования традиционно принято относить те клинические ситуации, в которых использование стандартной техники и инструментов сопряжено с повышенным риском хирургических ошибок, а ревизионные инструментальные системы и имплантаты с большей степенью связанности необходимы для того, чтобы не компрометировать:

- правильную ориентацию компонентов эндопротеза;
- надежность их фиксации;
- итоговую стабильность коленного сустава;
- полноценность восстановления движений [4].

Наиболее часто необходимость в этом возникает у пациентов с протяженными костными дефектами, фиксированными деформациями, тяжелыми контрактурами и анкилозами, несостоятельностью мягкотканых стабилизаторов, локальным остеопорозом, неправильно сросшимися и несросшимися внутри- и внесуставными переломами, повреждениями разгибательного аппарата [5].

Принципы хирургической коррекции описанных выше сложных клинических ситуаций деталь-

но рассмотрены в отечественной и зарубежной литературе и в целом не зависят от причин, приведших к их развитию [6, 7]. Это подтверждается и результатами работы А.Н. Цеда с соавторами: техническая реализация классических задач тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) в операционной у больных, находящихся на гемодиализе, не демонстрирует никаких отличий. Интраоперационная необходимость использования того или иного способа замещения костного дефекта зависит от предпочтений хирурга и технических возможностей медицинского учреждения (доступности костных аллотрансплантатов, металлических модульных блоков, втулок, конусов), от повышения связанности имплантата, от состояния мягкотканых стабилизаторов и так далее. Тем не менее, зная о тяжелой системной патологии, которая к тому же будет персистировать и в дальнейшем, у оперирующего хирурга снижается возможность для компромиссных решений, так как они могут быть ненадежными даже в среднесрочной перспективе. Поэтому авторы справедливо подчеркивают необходимость наличия и при малейших сомнениях применения ревизионных имплантатов в подобных клинических ситуациях.

С другой стороны, если пациент с ХПН, находящийся не на гемодиализе, обратился на менее выраженной стадии разрушения сустава, например, когда очаг остеонекроза локализован только в медиальном мыщелке бедренной кости, деформация еще не носит фиксированный характер и контрактура выражена умеренно, то вполне успешно вместо тотальной может быть выполнена частичная артропластика. Авторы продемонстрировали, что частота перипротезной инфекции у больных, находящихся на гемодиализе, в 6,5 раз выше по сравнению с контрольной группой, что существенно превышает показатели, полученные в других актуальных исследованиях [8]. В данной ситуации одномыщелковое эндопротезирование вполне логично может быть методом выбора по сравнению с тотальным, так как ассоциировано с меньшей на два порядка частотой инфекционных осложнений [9]. Однако при этом проведение хирургического лечения требуется, несомненно, на более раннем сроке развития патологического процесса в коленном суставе.

В завершение необходимо подчеркнуть, что хоть и малая численность выборки требует взвешенной трактовки полученных результатов, данная работа является крайне важной, привлекая внимание клиницистов к комплексу системных и частных проблем, которые возникают при проведении тотального эндопротезирования коленного сустава больным с хронической болезнью почек, находящимся на гемодиализе.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Преображенский П.М., Филь А.С., Корнилов Н.Н., Пантелеев А.Н., Гуацаев М.С., Каземирский А.В. и др. Эндопротезирование коленного сустава в клинической практике: анализ 36350 наблюдений из регистра НМИЦ ТО имени Р.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):73-85. doi: 10.17816/2311-2905-9349. Preobrazhensky P.M., Fil A.S., Kornilov N.N., Panteleev A.N., Guatsaev M.S., Kazemirsky A.V. et al. 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). doi: 10.17816/2311-2905-9349.
2. Inui H., Yamagami R., Kono K., Kawaguchi K. What are the causes of failure after total knee arthroplasty? *J Joint Surg Res*. 2023;1(1):32-40. doi: 10.1016/j.jjoisr.2022.12.002.
3. Jämsä P., Jämsen E., Huhtala H., Eskelinen A., Oksala N. Moderate to Severe Renal Insufficiency Is Associated With High Mortality After Hip and Knee Replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(6):1284-1292. doi: 10.1007/s11999-0000000000000256.
4. Castagnini F., Bordini B., Cosentino M., Ancarani C., Lucchini S., Bracci G. et al. Constraint in complex primary total knee arthroplasty: rotating hinge versus condylar constrained implants. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(12):3965-3973. doi: 10.1007/s00402-021-04322-z.
5. Malkani A.L., Hitt K.D., Badarudeen S., Lewis C., Cherian J., Elmallah R. et al. The Difficult Primary Total Knee Arthroplasty. *Instr Course Lect*. 2016;65:243-65.
6. Руководство по первичному эндопротезированию коленного сустава. Под ред. Кулябы Т.А., Корнилова Н.Н., Тихилова Р.М. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена; 2022. с. 229-288. Guidelines for primary knee arthroplasty. Ed. Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Tikhilov R.M. 2<sup>nd</sup> ed. St. Petersburg; 2022. p. 229-288. (In Russian).
7. 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):30-9. doi: 10.1302/0301-620X.97B10.36920.
8. Luo Y., Gong J., Yang S. Knee and hip arthroplasty joint surgical site wound infection in end-stage renal disease subjects who underwent dialysis or a kidney transplant: A meta-analysis. *Int Wound J*. 2023;20(7):2811-2819. doi: 10.1111/iwj.14160.
9. Prats-Urbe A., Kolovos S., Berencsi K., Carr A., Judge A., Silman A. et al. Unicompartmental compared with total knee replacement for patients with multimorbidities: a cohort study using propensity score stratification and inverse probability weighting. *Health Technol Assess*. 2021;25(66):1-126. doi: 10.3310/hta25660.

## 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



Научная статья  
УДК 616.728.2-001.6-089.85-053.1  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17407>

## Результаты открытого вправления врожденного вывиха бедра, варизирующей деротационной остеотомии и ацетабулопластики по Deга у детей с дисплазией тазобедренного сустава: ретроспективный анализ

Р.И. Кехайов<sup>1,2</sup>, А.А. Семенистый<sup>1,2</sup>, П.Р. Георгиев<sup>1,2</sup>, А.И. Герчев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Медицинский университет Софии, г. София, Болгария

<sup>2</sup> Университетская специализированная ортопедическая больница им. проф. Б. Бойчева, г. София, Болгария

### Реферат

**Актуальность.** Лечение прогрессирующей дисплазии тазобедренного сустава представляет большую проблему для детских ортопедов в связи с высоким риском осложнений, среди которых наиболее тяжелыми являются аваскулярный некроз головки бедренной кости (АНГБК) и рецидив вывиха. При наиболее тяжелой форме дисплазии — врожденном вывихе бедра — после 1,5-летнего возраста показано оперативное лечение. Однако вопрос определения объема оперативного вмешательства остается спорным.

**Цель** — представить среднесрочные результаты лечения пациентов с прогрессирующей дисплазией тазобедренного сустава III–IV степени по классификации IHDI, которым выполнялись открытое вправление вывиха бедра через модифицированный дигастральный доступ Ganz и варизирующая деротационная остеотомия бедренной кости в комбинации с остеотомией подвздошной кости по Deга.

**Материал и методы.** Проанализированы результаты лечения 12 пациентов с прогрессирующей дисплазией тазобедренного сустава III–IV степени по классификации IHDI в возрасте от 1,5 до 3,5 лет. Выполнено 13 операций: деротационная варизирующая корригирующая остеотомия бедренной кости в комбинации с остеотомией таза по Deга. В одном случае оперативное вмешательство выполнено билатерально в два этапа. Средний срок наблюдения составил 31,9±4,9 мес. (от 12 до 66 мес.). Для оценки результатов проведенной коррекции анализировали следующие рентгенометрические параметры до операции, после операции и на последнем осмотре: ацетабулярный индекс (АИ), шеечно-диафизарный угол (ШДУ) и индекс миграции Реймера. Проведена оценка частоты возникновения осложнений: рецидив вывиха, АНГБК, несращения, инфекция и потеря коррекции. У 8 пациентов с периодом наблюдения более 2 лет проведена оценка разницы длины конечностей.

**Результаты.** Проведение остеотомии по Deга позволило снизить значение АИ с 38,62° до 18,76° после операции и до 20,61° на последнем осмотре ( $p<0,05$ ). В результате варизирующей деротационной остеотомии бедра отмечено снижение значения ШДУ с 143,62° до 110,53° ( $p<0,05$ ). АНГБК наблюдался в 4 случаях у 3 пациентов (25%), включая пациента, которому была выполнена операция с двух сторон. На последнем осмотре ШДУ увеличился до 119,11° у 9 пациентов, у которых не было отмечено развития АНГБК, и уменьшился до 87,75° у пациентов с АНГБК. У одного пациента с АНГБК отмечено развитие вывиха головки бедренной кости из-за прогрессирующей варусной деформации (до 41°). Несращений и инфекционных осложнений не наблюдалось.

**Заключение.** Открытое устранение вывиха бедра и варизирующая деротационная остеотомия бедренной кости в комбинации с остеотомией подвздошной кости по Deга является эффективным методом лечения прогрессирующей дисплазии тазобедренного сустава III–IV степени по классификации IHDI. Маленькая выборка и отсутствие группы сравнения не позволяют сделать выводы об эффективности выполнения модифицированного дигастрального метода по Ganz как меры профилактики развития аваскулярного некроза головки бедренной кости после операции.

**Ключевые слова:** дисплазия тазобедренного сустава, врожденный вывих бедра, деротационная варизирующая остеотомия бедра, остеотомия таза, ацетабулопластика.

**Для цитирования:** Кехайов Р.И., Семенистый А.А., Георгиев П.Р., Герчев А.И. Результаты открытого вправления врожденного вывиха бедра, варизирующей деротационной остеотомии и ацетабулопластики по Deга у детей с дисплазией тазобедренного сустава: ретроспективный анализ. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):116–124. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17407>.

Семенистый Антон Алексеевич; e-mail: an.semenisty@gmail.com

Рукопись получена: 26.10.2023. Рукопись одобрена: 27.11.2023. Статья опубликована: 15.12.2023.

© Кехайов Р.И., Семенистый А.А., Георгиев П.Р., Герчев А.И., 2023



## Treatment Outcomes After Open Reduction, Varus Derotational Osteotomy and Dega Acetabuloplasty in Children With Dislocated Dysplastic Hip: Retrospective Analysis

Raytcho I. Kehayov<sup>1,2</sup>, Anton A. Semenisty<sup>1,2</sup>, Pavel R. Georgiev<sup>1,2</sup>, Aleksandar I. Gerchev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Medical University Sofia, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup> Specialized Orthopaedic University Hospital "Prof. B. Boychev", Sofia, Bulgaria

### Abstract

**Background.** Treatment of developmental dysplasia of the hip (DDH) poses a great challenge for pediatric orthopedists due to the high risk of complications, the most severe of which are avascular necrosis of the femoral head and recurrent dislocation. In the most severe form of dysplasia, hip dislocation, the surgery is indicated after 18 months of age. However, the issue of determining the exact surgical intervention remains controversial.

**The aim of the study** was to provide our own midterm treatment outcomes of patients with DDH, who underwent open reduction for DDH through a modified Ganz digastric approach and varus derotational femur osteotomy combined with Dega acetabuloplasty.

**Methods.** The treatment outcomes of 12 patients with DDH grade III-IV according to the IHDI classification at the age of 1.5 to 3.5 years were analyzed. Thirteen operations were performed: open reduction, derotational varus femur osteotomy combined with Dega acetabuloplasty. In one case, surgery was performed bilaterally in two stages. The average follow-up period was 31.9±4.9 months (from 12 to 66 months). To evaluate the correction performed, a comparative analysis of X-ray images (acetabular index (AI) and femoral neck-shaft angle (FNSA) and Reimers migration index (MI)) was performed before, after surgery and at the last follow-up. The incidence of complications was assessed: recurrent dislocation, avascular necrosis of the femoral head (AVN), nonunion, infection, and loss of correction. In 8 patients with a follow-up period of more than 2 years, the limb length discrepancy was assessed.

**Results.** Dega acetabuloplasty allowed to reduce the AI value from 38.62° to 18.76° ( $p<0.05$ ) after surgery and to 20.61° at the last follow-up. As a result of varus derotational femur osteotomy, a decrease in the FNSA value was noted from 143.62° to 110.53° ( $p<0.05$ ). AVN was observed in 4 cases in 3 patients (25%) (including the patient who underwent bilateral surgery). At the last follow-up, the FNSA increased to 119.11° in 9 patients without AVN and decreased to 87.75° in patients with AVN. In one patient with AVN, the development of medial dislocation of the femoral head due to progressive varus deformity was noted (up to 41°). No nonunions or infectious complications were observed.

**Conclusion.** The combination of open reduction, varus derotational femur osteotomy with Dega acetabuloplasty is an effective method for treatment of DDH in toddlers. The small sample size and the absence of a control group do not allow us to draw conclusions regarding the effectiveness of the modified Ganz digastric approach as a measure to prevent the development of avascular necrosis of the femoral head after surgery.

**Keywords:** hip dysplasia, DDH, congenital hip dislocation, derotational varus femur osteotomy, pelvic osteotomy, acetabuloplasty.

---

**Cite as:** Kehayov R.I., Semenisty A.A., Georgiev P.R., Gerchev A.I. Treatment Outcomes After Open Reduction, Varus Derotational Osteotomy and Dega Acetabuloplasty in Children With Dislocated Dysplastic Hip: Retrospective Analysis. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):116-124. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17407>.

✉ Anton A. Semenisty; e-mail: an.semenisty@gmail.com

Submitted: 26.10.2023. Accepted: 27.11.2023. Published: 15.12.2023.

© Kehayov R.I., Semenisty A.A., Georgiev P.R., Gerchev A.I., 2023

**ВВЕДЕНИЕ**

Прогрессирующая дисплазия тазобедренного сустава (ПДТС) представляет собой спектр патологий от легкой дисплазии до вывиха бедра. Ее отличительной особенностью является прогрессирующее течение, начинающееся в антенатальном периоде и продолжающееся в постнатальном периоде, в связи с чем старые термины «врожденная дисплазия» и «врожденный вывих бедра» больше не используются [1, 2]. Лечение ПДТС связано с большим количеством осложнений и является одной из самых трудных задач детской ортопедии [3]. Наиболее тяжелой формой ПДТС является врожденный вывих бедра, соответствующий III–IV стадиям по классификации IHDI [4]. При неэффективности консервативного лечения к возрасту 18 мес. реконструкция тазобедренного сустава является золотым стандартом [5]. Реконструкция тазобедренного сустава заключается в проведении открытой или закрытой репозиции, остеотомии бедра и таза, иногда комбинированных с различными вмешательствами на сухожилиях и мышцах [6, 7, 8]. Проведение открытой репозиции может быть сопряжено с более высоким риском развития аваскулярного некроза головки бедренной кости (АНГБК), но при этом позволяет добиться лучшего ремоделирования вертлужной впадины [9, 10]. Модификация дигастрального доступа по Ganz без остеотомии большого вертела позволяет сохранить кровоснабжение и снизить риск развития АНГБК [11, 12, 13]. Когда дело касается остеотомий, многие хирурги

предпочитают выполнение только варизирующей деротационной укорачивающей остеотомии бедренной кости, другие — только остеотомии подвздошной кости [14, 15, 16]. Согласно данным литературы, комбинация остеотомии бедра и таза имеет лучшие результаты [17, 18, 19, 20].

*Цель исследования* — представить собственные среднесрочные результаты лечения пациентов с прогрессирующей дисплазией тазобедренного сустава III–IV степени по классификации IHDI, которым выполнялись открытое устранение вывиха, варизирующая деротационная остеотомия бедренной кости в комбинации с ацетабулопластикой по Dege.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ****Дизайн исследования**

Выполнено ретроспективное когортное исследование.

Проанализированы результаты лечения 12 пациентов (11 девочек, 1 мальчик) с ПДТС в возрасте 19–41 мес. У одного пациента наблюдалась двусторонняя патология, в связи с чем коррекция выполнена билатерально с интервалом между операциями в 10 мес. (табл. 1).

*Критерии включения:* ПДТС III–IV степени по классификации IHDI, возраст пациента на момент операции не более 3,5 лет (42 мес.), период наблюдения не менее 1 года.

*Критерии невключения:* наличие нейромышечных заболеваний. Признаки развития АНГБК до операции не были учтены при наборе пациентов.

Таблица 1

**Характеристика пациентов**

№	Пол	Возраст, мес.	Сторона операции	АИ, град.	ШДУ, град.	ИМ, %
1	Ж	22	Правая	40	135	100
2	Ж	22	Правая	35	145	75
3	Ж	41	Левая	40	147	100
4	Ж	29	Левая	34	150	85
		39	Правая	34	150	100
5	М	20	Правая	38	144	85
6	Ж	19	Левая	35	136	100
7	Ж	26	Правая	42	141	100
8	Ж	23	Левая	44	140	85
9	Ж	24	Левая	40	140	100
10	Ж	22	Правая	30	150	100
11	Ж	25	Левая	43	149	80
12	Ж	31	Левая	47	140	100
Ср.		26,38±3,61		38,62±2,67	143,62±2,97	93,08±3,44

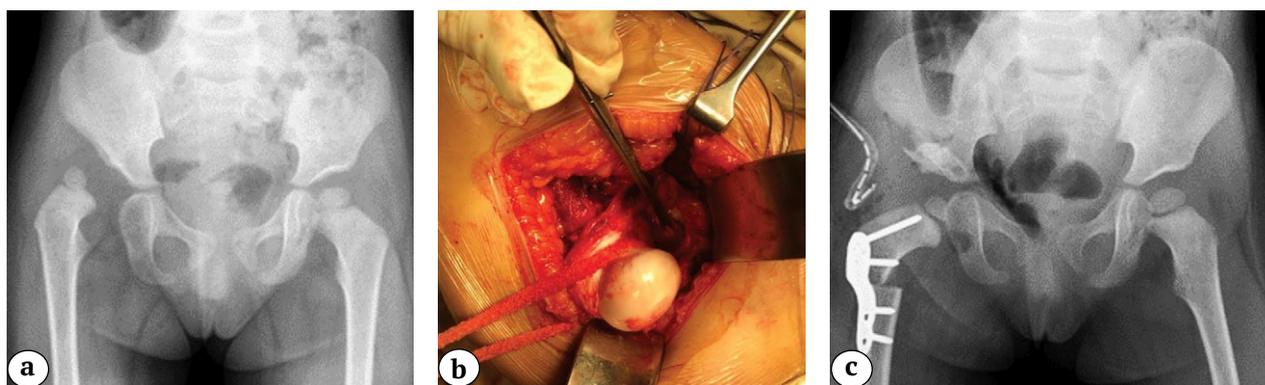
АИ — ацетабулярный индекс; ШДУ — шеечно-диафизарный угол; ИМ — индекс миграции Реймера.

**Техника операции**

Оперативное вмешательство выполнялось через модифицированный доступ Ganz без остеотомии большого вертела [11, 12]. Оно состояло из открытого устранения вывиха головки бедренной кости; деротационной варизирующей укорачивающей остеотомии бедренной кости с фиксацией блокируемой пластиной для варизирующей остеотомии бедра 2,7 мм или 3,5 мм с углом 100° или 110° (Pediatric LCP Plate System, DePuy Synthes); остеотомии таза по методике Dega с пластикой места остеотомии подвздошной кости трансплантатом из бедренной кости (рис. 1).

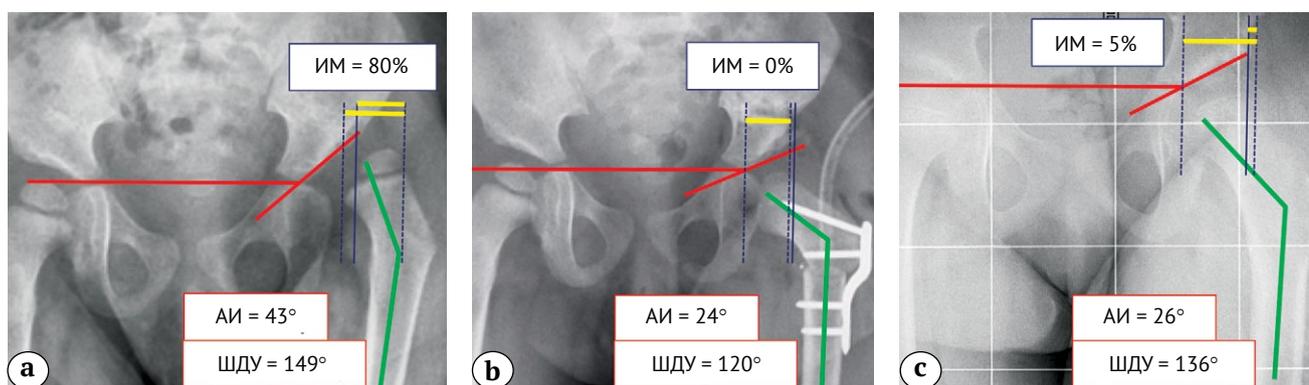
**Оценка результатов**

Средний срок наблюдения составил 31,9±4,9 мес. (от 12 до 66 мес.). Для оценки проведенной коррекции выполнен сравнительный анализ рентгенограмм: ацетабулярный индекс (АИ), шеечнодиафизарный угол (ШДУ) и индекс миграции Реймера (ИМ) до (АИ1, ШДУ1, ИМ1), после операции (АИ2, ШДУ2, ИМ2) и на последнем осмотре (АИ3, ШДУ3, ИМ3). Проведена оценка частоты возникновения осложнений: рецидив вывиха, АНГБК, несращения, инфекция и потеря коррекции. У 8 пациентов с периодом наблюдения более 2 лет проведена оценка разницы длины конечностей (рис. 2).



**Рис. 1.** Хирургическое вмешательство: а – рентгенограмма до операции: визуализируется вывих правого тазобедренного сустава (IV степень дисплазии по классификации IHDI); б – хирургический доступ; с – рентгенограмма после операции: вывих правого тазобедренного сустава устранен, выполнена варизирующая остеотомия бедренной кости, фиксация 2,7 мм LCP пластиной и ацетабулопластика по Dega

**Fig. 1.** Surgical intervention: а – X-ray before surgery: dislocation of the right hip is visualized (Grade IV dysplasia according to IHDI classification); б – surgical access; с – X-ray after surgery: dislocation of the right hip is corrected, varus osteotomy of the femur is performed, fixation with a 2.7 mm LCP plate, and acetabuloplasty according to the Dega technique



**Рис. 2.** Рентгенометрические параметры таза пациента 2 лет 1 мес.: а – до операции; б – после операции; с – на последнем осмотре

**Fig. 2.** Radiometric parameters of the patient's pelvis aged 2 years and 1 month: а – before surgery; б – after surgery; с – at the latest follow-up

### Статистический анализ

Анализ результатов исследования проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2010. Из количественных данных составляли невзвешенные вариационные ряды. Определяли средние, их ошибку и статистическую значимость. Полученные данные обрабатывали с помощью методов непараметрической статистики с использованием критерия Вилкоксона. Разница считалась статистически значимой при значении  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведение остеотомии по Dega позволило снизить значение АИ с  $38,62 \pm 2,67^\circ$  до  $18,76 \pm 2,36^\circ$  ( $p = 0,00165$ ) после операции и до  $20,61 \pm 2,25^\circ$  ( $p = 0,00165$ ) на последнем осмотре. Изменения АИ после операции и на последнем осмотре статистически значимы ( $p = 0,00107$ ).

В результате варизирующей деротационной остеотомии бедра произошло снижение значения ШДУ с  $143,62 \pm 2,97^\circ$  до  $110,53 \pm 3,44^\circ$  ( $p = 0,00160$ ). АНГБК наблюдался в 4 случаях (30,1%) у 3 детей (25%), включая пациента, которому была выпол-

нена операция с двух сторон (рис. 3). На последнем осмотре ШДУ увеличился до  $119,11 \pm 6,82^\circ$  ( $p = 0,03765$ ) у 9 пациентов, у которых не было отмечено развития АНГБК, и уменьшился до  $87,7 \pm 31,3^\circ$  ( $p$  не определялся из-за маленькой выборки) у 3 пациентов с АНГБК. У одного пациента с АНГБК отмечено развитие медиального вывиха головки бедренной кости из-за прогрессирующей варусной деформации до  $41^\circ$  (рис. 4).

Комбинированная операция позволила снизить индекс миграции Реймера на  $89,23\%$  ( $p = 0,00074$ ) — с  $93,08 \pm 3,44\%$  до  $3,85 \pm 2,01\%$ . На последнем осмотре ИМ составил  $6,33 \pm 3,05\%$  (из анализа был исключен один пациент с равившимся АНГБК и медиальным вывихом. Различия в ИМ на послеоперационных рентгенограммах и на последнем осмотре были статистически не значимы ( $p = 0,05791$ ).

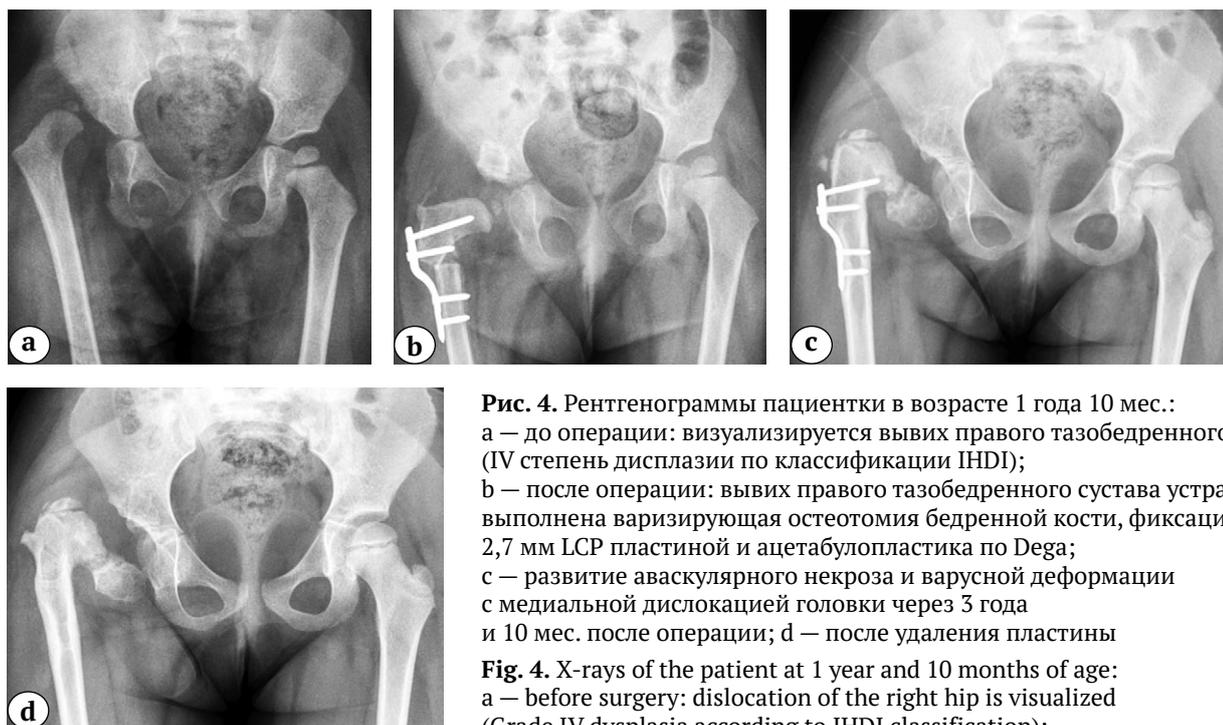
У 8 пациентов с периодом наблюдения более 2 лет выявлена разница в длине конечностей  $1,81 \pm 0,72$  см (табл. 2).

Несращений и инфекционных осложнений не наблюдалось.



**Рис. 3.** Рентгенограммы пациентки в возрасте 2 лет 5 мес. До операции: двусторонний вывих тазобедренных суставов (III степень дисплазии по классификации IHDI билатерально) (а); после первой операции: вывих левого тазобедренного сустава устранен, выполнена варизирующая остеотомия бедренной кости, фиксация 2,7 мм LCP пластиной и ацетабулопластика по Dega (b); через 10 мес. после второй операции: вывих правого тазобедренного сустава устранен, выполнена варизирующая остеотомия бедренной кости, фиксация 3,5 мм LCP пластиной и ацетабулопластика по Dega (c); развитие аваскулярного некроза билатерально через 2 года и 5 мес. после первой операции (d)

**Fig. 3.** X-rays of the patient aged 2 years and 5 months. Before the first operation: bilateral dislocation of the hip (Grade III dysplasia according to IHDI classification) (a); after the first operation: dislocation of the left hip is corrected, varus osteotomy of the femur is performed, fixation with a 2.7 mm LCP plate, and acetabuloplasty according to the Dega technique (b); 10 months after the second operation: dislocation of the right hip is corrected, varus osteotomy of the femur is performed, fixation with a 3.5 mm LCP plate, and acetabuloplasty according to the Dega technique (c); development of avascular necrosis bilaterally 2 years and 5 months after the first operation (d)



**Рис. 4.** Рентгенограммы пациентки в возрасте 1 года 10 мес.:  
 а — до операции: визуализируется вывих правого тазобедренного сустава (IV степень дисплазии по классификации IHDI);  
 б — после операции: вывих правого тазобедренного сустава устранен, выполнена варизирующая остеотомия бедренной кости, фиксация 2,7 мм LCP пластиной и ацетабулопластика по Dega;  
 в — развитие аваскулярного некроза и варусной деформации с медиальной дислокацией головки через 3 года и 10 мес. после операции; д — после удаления пластины

**Fig. 4.** X-rays of the patient at 1 year and 10 months of age:  
 а — before surgery: dislocation of the right hip is visualized (Grade IV dysplasia according to IHDI classification);  
 б — after surgery: dislocation of the right hip is corrected, varus osteotomy of the femur is performed, fixation with a 2.7 mm LCP plate, and acetabuloplasty according to the Dega technique;  
 в — development of avascular necrosis and varus deformity with medial subluxation of the femoral head 3 years and 10 months after surgery;  
 д — after plate removal

Таблица 2

**Изменения рентгенологических параметров до и после операции, на последнем осмотре и характеристика зарегистрированных осложнений**

№	Срок наблюдения, мес.	АИ1, град.	АИ2, град.	АИ3, град.	ШДУ1, град.	ШДУ2, град.	ШДУ3, град.	ИМ1, %	ИМ2, %	ИМ3, %	Осложнения
1	54	40	15	18	135	105	41*	100	10	–	АНГБК + медиальный вывих
2	18	35	19	21	145	117	112	75	5	5	нет
3	30	40	19	21	147	105	127	100	5	5	нет
4	29	34	24	26	150	110	103*	85	0	5	АНГБК
	19	34	18	19	150	110	107*	100	5	5	АНГБК
5	66	38	13	15	144	115	124	85	0	15	нет
6	53	35	15	17	136	104	100*	100	5	5	АНГБК
7	12	42	20	21	141	112	114	100	5	8	нет
8	17	44	20	22	140	100	105	85	0	0	нет
9	13	40	14	16	140	109	111	100	10	18	нет
10	31	30	16	18	150	120	129	100	5	5	нет
11	48	43	24	26	149	120	136	80	0	5	нет
12	24	47	27	28	140	110	114	100	0	0	нет
Ср.	31,9±4,9	38,62 ± 2,67	18,76 ± 2,36	20,61 ± 2,25	143,62 ± 2,97	110,53 ± 3,44	119,11±6,82 / 87,7±31,3*	93,08 ± 3,44	3,85 ± 2,01	6,33 ± 3,05	4/13

\* Средний ШДУ на последнем осмотре вычислялся отдельно для пациентов с АНГБК.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Многочисленные неудачные попытки закрытой репозиции повышают риск развития аваскулярного некроза при лечении врожденного вывиха бедра [12]. В связи с этим хирургическое лечение является основным методом устранения врожденного вывиха бедра, начиная с 18-месячного возраста [5]. Однако на настоящий момент не выработано единого подхода к выбору того или иного хирургического доступа и метода лечения [7, 8]. Закрытое устранение вывиха без выполнения капсулотомии позволяет сохранить кровоснабжение головки бедренной кости и снизить риск аваскулярного некроза, однако сопряжено с более высоким риском рецидивов и худшим ремоделированием вертлужной впадины [9]. В проведенном метаанализе 9 ретроспективных исследований Y.J. Wang с соавторами пришли к выводу, что проведение открытой репозиции сопровождается более высоким риском развития АНГБК (36%) по сравнению с закрытой репозицией (21%) у пациентов до 3 лет [21]. Поэтому при выполнении открытого вправления вывиха (с капсулотомией) большое внимание стоит уделять хирургическим доступам, позволяющим лучше сохранить кровоснабжение сустава. Одним из них является доступ Ganz, используемый для выполнения хирургического вывиха бедра. Авторы не сообщают о случаях развития аваскулярного некроза после выполнения 213 операций у пациентов в возрасте от 16 до 58 лет [11]. Модифицированный дигастральный доступ Ganz позволяет сохранить кровоснабжение головки бедренной кости без выполнения остеотомии большого вертела [12, 13].

Выполнение варизирующей деротационной остеотомии бедренной кости позволяет центрировать головку бедренной кости в вертлужной впадине и является важным элементом реконструкции тазобедренного сустава при дисплазии у детей [14]. По данным некоторых авторов, укорочение бедра является необходимым для снижения давления головки бедренной кости на вертлужную впадину и, соответственно, для снижения риска аваскулярного некроза [22]. Выполнение над-ацетабулярной остеотомии подвздошной кости позволяет произвести реориентацию вертлужной впадины и значительно увеличить покрытие головки бедренной кости [23]. У детей младшей возрастной группы с открытым Y-образным хрящом наименее инвазивным методом, не требующим дополнительной фиксации и при этом хорошо себя зарекомендовавшим, является остеотомия типа Dega, которую также называют ацетабулопластикой [16, 23]. По данным литературы, одноэтапное выполнение остеотомии бедренной кости и таза позволяет добиться наиболее приемлемых

клинических результатов [15]. Тем не менее выбор тактики лечения при ПДТС остается спорным.

A.F. Al Faleh с соавторами проанализировали результаты лечения 204 случаев ПДТС (Tönnis 4 — в 62,3%) у 143 детей в возрасте от 0 до 67 мес. (средний возраст  $25,3 \pm 13,9$  мес.). В 82,8% случаев выполняли открытую репозицию и тазовую остеотомию, АНГБК наблюдался у 10 пациентов (5,9%). В 10,8% случаев выполнялись открытая репозиция, варизирующая укорачивающая остеотомия бедра и остеотомия таза. Случаев АНГБК не наблюдалось, однако разница между группами была статистически незначима. Единственным значимым фактором, оказывающим влияние на развитие АНГБК, оказалось консервативное лечение с попытками закрытого устранения вывиха: развитие АНГБК у 6 пациентов (14,3%). Стоит отметить, что в данное исследование были включены пациенты с дисплазией типов 1 и 2 по классификации Tönnis [24]. В проведенном метаанализе 21 исследования частота развития АНГБК составила 20,4% у пациентов с появившимся ядром оссификации и 21,2% — без ядра оссификации на момент начала лечения, разница между группами была статистически незначимой. Кроме того, авторы не нашли статистически значимой разницы в рисках развития АНГБК при различных хирургических доступах и методах лечения [25]. Таким образом, вопрос оценки факторов риска развития АНГБК остается спорным и требует дальнейшего изучения.

Мы применяли дигастральный доступ по Ganz в 13 случаях у 12 пациентов, развитие АНГБК наблюдалось в 4 (30,8%) случаях у 3 (25%) пациентов. Однако сравнивать полученные данные с результатами мировой литературы некорректно в связи с маленькой выборкой и необходимостью оценки большего количества факторов, оказывающих влияние на развитие АНГБК, а именно: неуспешные попытки закрытого устранения вывиха до 18 мес., выполнение открытой репозиции, более высокий риск развития осложнений у пациентов с двусторонним вывихом, а также то, что не учитывались при наборе пациентов признаки дистрофических изменений в головке бедренной кости на предоперационных рентгенограммах.

Таким образом, на настоящий момент остается множество вопросов об оптимальных методах лечения врожденного вывиха тазобедренного сустава в зависимости от возраста и степени дисплазии как проксимального отдела бедренной кости, так и вертлужной впадины. Изучение этих вопросов в проспективных клинических исследованиях представляет большой интерес.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинация варизирующей деротационной остеотомии бедренной кости с ацетабулопластикой по Dege является эффективным методом лечения врожденного вывиха бедра. Использование модифицированного дигастрального доступа по Ganz может снизить риск развития аваскулярного некроза головки бедренной кости при выполнении

открытого вправления вывиха, однако маленькая выборка и отсутствие группы сравнения не позволяют подтвердить данную гипотезу. Проведение проспективных клинических исследований с большей выборкой необходимо для оценки эффективности модифицированного дигастрального доступа по Ganz как меры профилактики аваскулярного некроза головки бедренной кости.

## 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 законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

## 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. Written consent was obtained from legal representatives of children for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Azar F.M., Canale S.T., Beatty J.H. *Campbell's Operative Orthopaedics*. Vol. 4. Netherlands: Elsevier; 2020. Available from: <https://www.books.google.co.id/books?id=XFGVzQEACAAJ>.
2. Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздников И.Ю., Познович М.С. Варианты деформации вертлужной впадины при дисплазии тазобедренных суставов у детей младшего возраста. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(1):5-16. doi: 10.17816/2311-2905-2012.
3. Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnikov I.Yu., Poznovich M.S. Variants of Acetabular Deformity in Developmental Dysplasia of the Hip in Young Children. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(1):5-16. (In Russian). doi: 10.17816/2311-2905-2012.
4. Huser A., Mo M., Hosseinzadeh P. Hip Surveillance in Children with Cerebral Palsy. *Orthop Clin North Am*. 2018;49(2):181-190. doi: 10.1016/j.ocl.2017.11.006.
5. Narayanan U., Mulpuri K., Sankar W.N., Clarke N.M., Hosalkar H., Price C.T. International Hip Dysplasia Institute. Reliability of a New Radiographic Classification for Developmental Dysplasia of the Hip. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(5):478-484. doi: 10.1097/BPO.0000000000000318.
6. Yang S., Zusman N., Lieberman E., Goldstein R.Y. Developmental Dysplasia of the Hip. *Pediatrics*. 2019;143(1):e20181147. doi: 10.1542/peds.2018-1147.
7. Onimus M., Manzone P., Allamel G. Prevention of hip dislocation in children with cerebral palsy by early tenotomy of the adductor and psoas muscles. *Ann Pediatr (Paris)*. 1993;40(4):211-216. (In French).
8. Tazi Charki M., Abdellaoui H., Atarraf K., Afifi M.A. Surgical treatment of developmental dysplasia of the hip in children – A monocentric study about 414 hips. *SICOT J*. 2022;8:29. doi: 10.1051/sicotj/2022030.
9. Jäger M., Westhoff B., Zilkens C., Weimann-Stahlschmidt K., Krauspe R. Indications and results of corrective pelvic osteotomies in developmental dysplasia of the hip. *Orthopade*. 2008;37(6):556-570, 572-574, 576. (In German).
10. Abousamra O., Deliberato D., Singh S., Klingele K.E. Closed vs open reduction in developmental dysplasia of the hip: The short-term effect on acetabular remodeling. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(2):213-216. doi: 10.1016/j.jcot.2019.09.010.
11. Qiu M., Chen M., Sun H., Li D., Cai Z., Zhang W. et al. Avascular necrosis under different treatment in children with developmental dysplasia of the hip: a network meta-analysis. *J Pediatr Orthop B*. 2022;31(4):319-326. doi: 10.1097/BPB.0000000000000932.
12. Ganz R., Gill T.J., Gautier E., Ganz K., Krügel N., Berlemann U. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(8):1119-1124. doi: 10.1302/0301-620x.83b8.11964.

12. Герчев А., Кехайов Р., Георгиев П., Алексиев В., Слабакова Й., Георгиев Хр. Открита репозиция на тазобедрената става при DDH с бигастричен модифициран достъп по Ganz. *Ортопедия и травматология*. 2019;56(4):172-180.
13. Schweitzer D., Klaber I., Zamora T., Amenábar P.P., Botello E. Surgical dislocation of the hip without trochanteric osteotomy. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017;25(1):2309499016684414. doi: 10.1177/2309499016684414.
14. Winanto I.D., Sofyan J., Selamat V. Radiological Outcome in Developmental Dysplasia of the Hip Following Varus Derotation Osteotomy: A Case Series. *Open Access Maced J Med Sci*. 2022;10(C):276-279. doi: 10.3889/oamjms.2022.10512.
15. Spence G., Hocking R., Wedge J.H., Roposch A. Effect of innominate and femoral varus derotation osteotomy on acetabular development in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(11):2622-2636. doi: 10.2106/JBJS.H.01392.
16. Venkatadass K., Durga Prasad V., Al Ahmadi N.M.M., Rajasekaran S. Pelvic osteotomies in hip dysplasia: why, when and how? *EFORT Open Rev*. 2022;7(2):153-163. doi: 10.1530/EOR-21-0066.
17. Mazloumi M., Omidi-Kashani F., Ebrahimzadeh M.H., Makhmalbaf H., Hoseinayee M.M. Combined Femoral and Acetabular Osteotomy in Children of Walking Age for Treatment of DDH; A Five Years Follow-Up Report. *Iran J Med Sci*. 2015;40(1):13-18.
18. Kotlarsky P., Haber R., Bialik V., Eidelman M. Developmental dysplasia of the hip: What has changed in the last 20 years? *World J Orthop*. 2015;6(11):886-901. doi: 10.5312/wjo.v6.i11.886.
19. Köroğlu C., Özdemir E., Çolak M., Şensöz E., Öztuna F.V. Open reduction and Salter innominate osteotomy combined with femoral osteotomy in the treatment of developmental dysplasia of the hip: Comparison of results before and after the age of 4 years. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2021;55(1):28-32. doi: 10.5152/j.aott.2021.17385.
20. Agus H., Bozoglan M., Kalenderer Ö., Kazımoğlu C., Onvural B., Akan İ. How are outcomes affected by performing a one-stage combined procedure simultaneously in bilateral developmental hip dysplasia? *Int Orthop*. 2014;38(6):1219-1224. doi: 10.1007/s00264-014-2330-1.
21. Wang Y.J., Yang F., Wu Q.J., Pan S.N., Li L.Y. Association between open or closed reduction and avascular necrosis in developmental dysplasia of the hip: A PRISMA-compliant meta-analysis of observational studies. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(29):e4276. doi: 10.1097/MD.0000000000004276.
22. Alexiev V., Georgiev H., Mileva S. Middle Term Results of Simple Open Hip Reduction of Irreducible DDH – What Is the Cut-off Age to Safely Perform It with Lower Complications? *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2017;84(5):386-390.
23. Герасимов С.А., Короткин А.А., Герасимов Е.А., Ковалдов К.А., Новикова Я.С. Остеотомии таза как метод лечения дисплазии тазобедренного сустава. Современное состояние вопроса. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(4). Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27765>. Gerasimov S.A., Korytkin A.A., Gerasimov E.A., Kovaldov K.A., Novikova Y.S. Pelvic osteotomies as a treatment option for development dysplasia of the hip. current concepts. *Modern problems of science and education*. 2018;(4). Available from: <https://science-education.ru/en/article/view?id=27765>. (In Russian).
24. Al Faleh A.F., Jawadi A.H., Sayegh S.A., Al Rashedan B.S., Al Shehri M., Al Shahrani A. Avascular necrosis of the femoral head: Assessment following developmental dysplasia of the hip management. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2020;14(1):20-23.
25. Chen C., Doyle S., Green D., Blanco J., Scher D., Sink E. et al. Presence of the Ossific Nucleus and Risk of Osteonecrosis in the Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip: A Meta-Analysis of Cohort and Case-Control Studies. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(9):760-767. doi: 10.2106/JBJS.16.00798.

#### Сведения об авторах

✉ Семенистый Антон Алексеевич — канд. мед. наук  
Адрес: Болгария, 1431, г. София, бул. Акад. Иван Гешов,  
д. 15

<https://orcid.org/0000-0002-5412-6202>

e-mail: an.semenisty@gmail.com

Кехайов Райчо Иванов — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0926-2504>

e-mail: rkehayov@abv.bg

Георгиев Павел Радков — канд. мед. наук

e-mail: dr\_pgeorgiev@abv.bg

Герчев Александр Иванов — канд. мед. наук

e-mail: gerchevalexander@gmail.com

#### Authors' information

✉ Anton A. Semenisty — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 15, Boulevard Acad. Ivan Geshov, Sofia, 1431,  
Bulgaria

<https://orcid.org/0000-0002-5412-6202>

e-mail: an.semenisty@gmail.com

Raycho I. Kehayov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-0926-2504>

e-mail: rkehayov@abv.bg

Pavel R. Georgiev — Cand. Sci. (Med.)

e-mail: dr\_pgeorgiev@abv.bg

Aleksandar I. Gerchev — Cand. Sci. (Med.)

e-mail: gerchevalexander@gmail.com



## Замещение костного дефекта таранной кости аутооттрансплантатом, взятым из пяточной кости, с применением AMIC-технологии: клинический случай

Г.В. Коробушкин<sup>1</sup>, Б.Г. Ахмедов<sup>2</sup>, В.В. Чеботарев<sup>2</sup>, А.Р. Гайдаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Вопрос выбора тактики лечения полнослойных остеохондральных дефектов таранной кости до сих пор является актуальным. При выборе тактики лечения следует учитывать два ключевых момента: восстановление архитектоники таранной кости и восстановление хрящеподобного покрытия в зоне остеохондрального дефекта в долгосрочной перспективе.

**Описание клинического случая.** Пациент 34 лет, физически активный, в 2011 г. получил травму голеностопного сустава, лечился консервативно. В 2020 г. усилились жалобы на боли и снижение активности. Оценка по шкалам при поступлении: ВАШ — 6 баллов, AOFAS-AHS (задний отдел стопы) — 49 баллов, FAAM — 55 баллов. На МРТ выявлен остеохондральный дефект медиального отдела купола таранной кости размером 16,4×9,4 мм и глубиной 20,8 мм. Пациенту выполнено замещение костного дефекта аутооттрансплантатом, взятым из пяточной кости, с применением AMIC-технологии (методики индуцированного на матрице аутохондрогенеза). Через 6 мес. проведен контрольный осмотр, выполнена артроскопия голеностопного сустава с удалением металлофиксаторов. По данным артроскопии, зона хондропластики практически идентична интактному суставному хрящу. Через год после хондропластики пациент вернулся к прежней спортивной активности. Оценка по шкалам: ВАШ — 1 балл, AOFAS-AHS — 94 балла, FAAM — 83 балла.

**Заключение.** Предложенный метод позволяет восстановить архитектуру таранной кости вместе с хрящевой поверхностью. Применение костного аутооттрансплантата позволяет восполнить дефект таранной кости, а укрытие аутооттрансплантата коллагеновой мембраной способствует формированию в зоне дефекта гиалиноподобной хрящевой ткани.

**Ключевые слова:** таранная кость, остеохондральный дефект, хондропластика, коллагеновая мембрана, AMIC.

**Для цитирования:** Коробушкин Г.В., Ахмедов Б.Г., Чеботарев В.В., Гайдаров А.Р. Замещение костного дефекта таранной кости аутооттрансплантатом, взятым из пяточной кости, с применением AMIC-технологии: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):125-133. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15523>.

Чеботарев Виталий Витальевич; e-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

Рукопись получена: 30.08.2023. Рукопись одобрена: 29.11.2023. Статья опубликована: 15.12.2023.

© Коробушкин Г.В., Ахмедов Б.Г., Чеботарев В.В., Гайдаров А.Р., 2023



## Repair of Bone Defect of the Talus with Calcaneus Autograft and Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis: A Case Report

Gleb V. Korobushkin<sup>1</sup>, Bagavdin G. Akhmedov<sup>2</sup>, Vitaliy V. Chebotarev<sup>2</sup>,  
Arip R. Gaidarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorova,  
Moscow, Russia

<sup>2</sup> Vishnevsky National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics,  
Moscow, Russia

### Abstract

**Background.** The question of choosing a treatment strategy for full-thickness osteochondral defects of the tarsal bone remains relevant. When choosing a treatment strategy, two key points should be considered: restoring the architecture of the tarsal bone and achieving long-term restoration of cartilage-like coverage in the area of the osteochondral defect.

**Case report.** A 34-year-old physically active patient sustained an ankle injury in 2011 and was treated conservatively. In 2020, he complained of pain and reduced activity. Initial assessment scores were: VAS (Visual Analog Scale) — 6 points, AOFAS-AHS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Score) — 49 points, FAAM (Foot and Ankle Ability Measure) — 55 points. An MRI revealed an osteochondral defect in the medial part of the tarsal bone dome, measuring 16.4×9.4 mm and with a depth of 20.8 mm. The patient underwent the replacement of the bone defect with an autograft taken from the heel bone, using autologous matrix induced chondrogenesis (AMIC) procedure. After 6 months, a follow-up examination was performed, including ankle arthroscopy and removal of metal fixators. Arthroscopic findings showed that the chondroplasty area was almost identical to intact joint cartilage. One year after chondroplasty, the patient returned to his previous level of physical activity. Assessment scores were: VAS — 1 point, AOFAS-AHS — 94 points, FAAM — 83 points.

**Conclusion.** The proposed method allows for the restoration of the architecture of the tarsal bone along with the cartilage surface. The use of a bone autograft helps to fill the tarsal bone defect, and covering the autograft with a collagen membrane contributes to the formation of hyaline-like cartilage tissue in the defect area.

**Keywords:** tarsal bone, osteochondral defect, chondroplasty, collagen membrane, AMIC.

---

**Cite as:** Korobushkin G.V., Akhmedov B.G., Chebotarev V.V., Gaidarov A.R. Repair of Bone Defect of the Talus with Calcaneus Autograft and Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):125-133. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15523>.

✉ Vitaliy V. Chebotarev; e-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

Submitted: 30.08.2023. Accepted: 29.11.2023. Published: 15.12.2023.

© Korobushkin G.V., Ahmedov B.G., Chebotarev V.V., Gaidarov A.R., 2023

**ВВЕДЕНИЕ**

Остеохондральные дефекты таранной кости составляют 4% от всех повреждений суставного хряща [1]. В 75% случаев причиной возникновения остеохондральных дефектов таранной кости является травма, как правило, рецидивирующий подвывих в голеностопном суставе [2]. Чаще всего за помощью обращаются люди молодого трудоспособного возраста и пациенты, повседневная деятельность которых сопряжена с повышенной двигательной активностью и спортом [3, 4, 5]. Лечение данной патологии обусловлено сложностью диагностики: неспецифическая клиническая картина, проявляющаяся болью в голеностопном суставе, малоинформативность рентгенографии на ранних стадиях заболевания. Около 30–43% повреждений на рентгенограммах не идентифицируются, а длительная симптоматическая терапия, не дополненная этиотропной, приводит к прогрессированию заболевания и формированию полнослойного остеохондрального дефекта [6, 7].

При хирургическом лечении остеохондральных дефектов широко используются артроскопические остеоперфоративные методики, которые минимизируют повреждения мягких тканей и костных структур [8, 9, 10]. Результат данного воздействия — образование в области дефекта хрящевого регенерата, напоминающего фиброзный хрящ, который по своим биомеханическим характеристикам уступает гиалиновому хрящу [10, 11, 12]. Решением проблемы восстановления хрящевого покрытия может быть применение методики культивирования аутологичных хондроцитов и АМІС-технологии [13].

В 2006 г. Р. Behrens с соавторами впервые применили для лечения остеохондральных дефектов коленного сустава коллагеновые мембраны [14]. М. Wiewiorski с соавторами описали модифицированную методику АМІС (autologous matrix-induced chondrogenesis, в русскоязычной литературе — хондрогенез, индуцированный аутологической матрицей) для лечения пациентов с остеохондральными дефектами таранной кости. Для восстановления архитектоники таранной кости зарубежные коллеги использовали спонгиозный костный аутотрансплантат, костная пластика дополнялась коллагеновой мембраной [15].

Мы адаптировали и модифицировали методику, предложенную К.А. Егизаряном с соавторами для лечения болезни Кёнига, которая заключалась в выполнении мозаичной костной аутохондропластики с применением технологии АМІС и последующим артроскопическим контролем [16]. Нами разработан способ замещения полнослойных костно-хрящевых дефектов суставной поверхности таранной кости, заключающийся

в применении комбинированной костной аутопластики с использованием АМІС-технологии (патент РФ № 2766042).

**Цель исследования** — на клиническом примере продемонстрировать возможности костной аутопластики в сочетании с технологией АМІС при лечении полнослойного костно-хрящевого дефекта таранной кости.

**ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ**

Пациент 34 лет без сопутствующей патологии в 2011 г. получил травму голеностопного сустава во время занятий спортом в тренажерном зале, после чего его начали беспокоить постоянные боли ноющего характера и отечность в области голеностопного сустава. Консервативная терапия (НПВП и хондропротекторы) не дала положительного эффекта. Боли усиливались при физической нагрузке, что делало невозможной прежнюю физическую активность. Болевой синдром усилился в 2020 г. Пациент обратился в НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова. Состояние пациента при поступлении в клинику: ВАШ — 6 баллов, AOFAS-AHS (American Orthopedic Foot and Ankle Society scale — Ankle Hindfoot Scale) [17] — 49 баллов, FAAM (Foot and Ankle Ability Measure) [18] — 55 баллов.

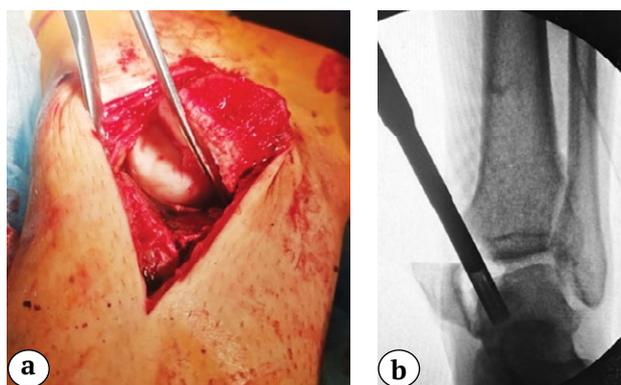
Было выполнено МРТ левого голеностопного сустава: прослеживался гетерогенный сигнал в медиальном отделе купола таранной кости, выявлены хондромалация суставной поверхности, перестройка костной ткани медиального отдела таранной кости. В области медиального купола таранной кости определялся остеохондральный дефект размерами 16,4×9,4×20,8 мм (рис. 1).



**Рис. 1.** МРТ левого голеностопного сустава, мультипланарная реконструкция (T2-взвешенное изображение):  
а — фронтальная плоскость;  
б — сагиттальная плоскость

**Fig. 1.** MRI of the left ankle, multiplanar reconstruction (T2-weighted image):  
a — frontal plane;  
b — sagittal plane

**Хирургическое вмешательство.** В условиях проводниковой анестезии, в положении пациента на левом боку с турникетом на нижней трети бедра, выполнен доступ к медиальной лодыжке. С применением шевронной остеотомии медиальной лодыжки осуществлен доступ к остеохондральному дефекту медиального отдела купола таранной кости. При ревизии определялся измененный хрящ, который легко отделился от подлежащей кости с формированием остеохондрального дефекта 16,4×9,4 мм. Объем удаленного материала определялся по результатам предоперационного планирования, основанного на данных МРТ.



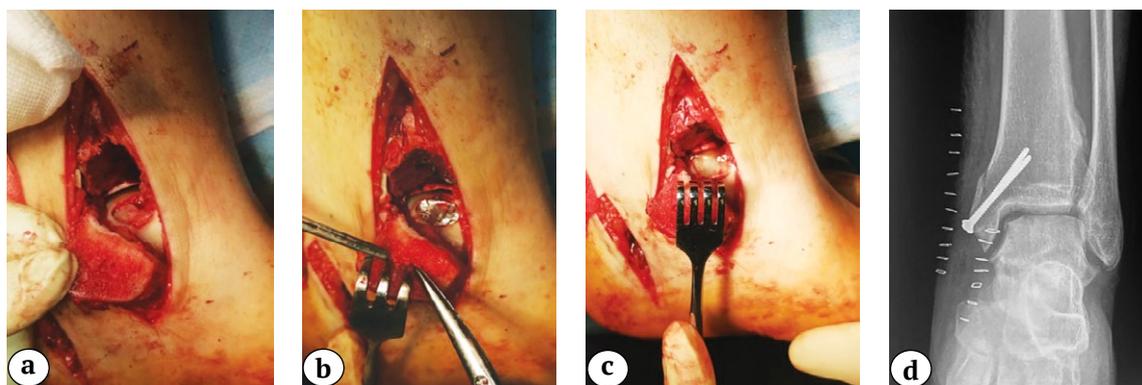
**Рис. 2.** Удаление измененной костно-хрящевой ткани: а — интраоперационное фото; б — флюороскопическая картина

**Fig. 2.** Removal of altered bone and cartilage tissue: а — intraoperative photo; б — fluoroscopic image

Измененная костно-хрящевая ткань удалена (рис. 2).

Далее из ската пяточной кости (дорзальная поверхность пяточной кости между задней суставной фасеткой пяточной кости и предахиллярной областью пяточной кости) забирался структурный костный аутографт, объем которого соответствовал объему удаленной костной ткани из таранной кости. Методом press-fit костный аутографт установлен в сформированное ложе таранной кости. Для получения макета дефекта использовался шаблон из стерильной алюминиевой фольги. Модель из фольги соответствовала площади дефекта таранной кости и полностью покрывала костный аутографт, после чего подготовленная коллагеновая мембрана (Ортософт, Россия), предварительно увлажненная фибриновым гелем с клеящей способностью (Криофит, Россия) устанавливалась на костный аутографт. Остеотомированный фрагмент медиальной лодыжки фиксирован двумя винтами, раны послойно ушиты.

Для придания покоя оперированной конечности и профилактики развития эквинусного положения стопы выполнена ее иммобилизация гипсовой повязкой. Рекомендации: ходьба на костылях без нагрузки на оперированную нижнюю конечность в течение 8 нед. с последующим переходом на ортез и началом дозированной нагрузки, активная разработка движений в голеностопном суставе. Переход на полную нагрузку через 8 нед. после операции.



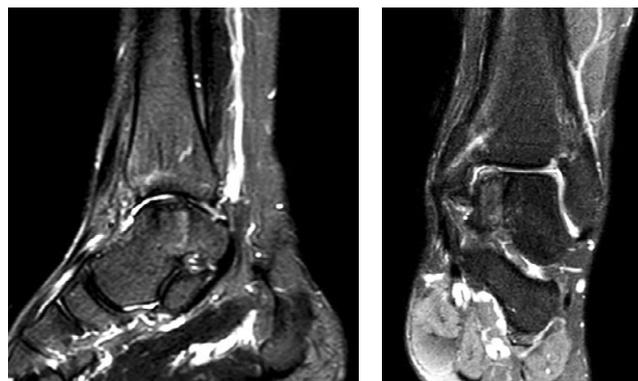
**Рис. 3.** Замещение дефекта костным аутографтом: а — вид аутографта, помещенного в зону остеохондрального дефекта; б — после заполнения дефекта стерильная фольга смоделирована в соответствии с размером костно-хрящевого дефекта; в — коллагеновая мембрана после нанесения фибринового геля с клеящей способностью помещена в зону остеохондрального дефекта; д — рентгенологический контроль голеностопного сустава после фиксации медиальной лодыжки винтами

**Fig. 3.** Replacement of the bone defect with an autograft: а — view of the autograft placed in the osteochondral defect; б — after filling the defect, a sterile foil is shaped according to the size of the osteochondral defect; в — a collagen membrane is placed in the osteochondral defect after applying a fibrin adhesive gel; д — radiographic control of the ankle joint after fixing the medial malleolus with screws

На осмотре через 6 мес. отмечена положительная динамика: уровень боли по ВАШ снизился до 2 баллов, оценка по AOFAS-AHS — 90 баллов, по FAAM — 84 балла. Проведена артроскопия голеностопного сустава с целью контроля результата костно-хрящевой аутохондропластики с применением АМС-технологии. Артроскопия осуществлялась через стандартные переднелатеральный и переднемедиальный порты. В связи с наличием дискомфорта в проекции металлофиксаторов выполнено их удаление. Выявлены рубцовые ткани в передних отделах голеностопного сустава, которые были удалены. При визуализации места хондропластики определялось формирование гиалиноподобной хрящевой ткани, архитектура суставной поверхности таранной кости сохранена (рис. 4).

Через 12 мес. выполнено контрольное МРТ-исследование: определяются консолидация зоны остеотомии, перестройка аутографта в зоне дефекта таранной кости и формирование хрящевого покрытия (рис. 5).

Через 12 мес. после хондропластики объем движений в голеностопном суставе восстановлен в полном объеме. Пациент вернулся к занятиям любительским спортом. После удаления металлофиксаторов пациент отметил снижение болевого синдрома. Состояние по данным опросников через 12 мес.: ВАШ — 1 балл, AOFAS-AHS — 94 балла, FAAM — 83 балла.

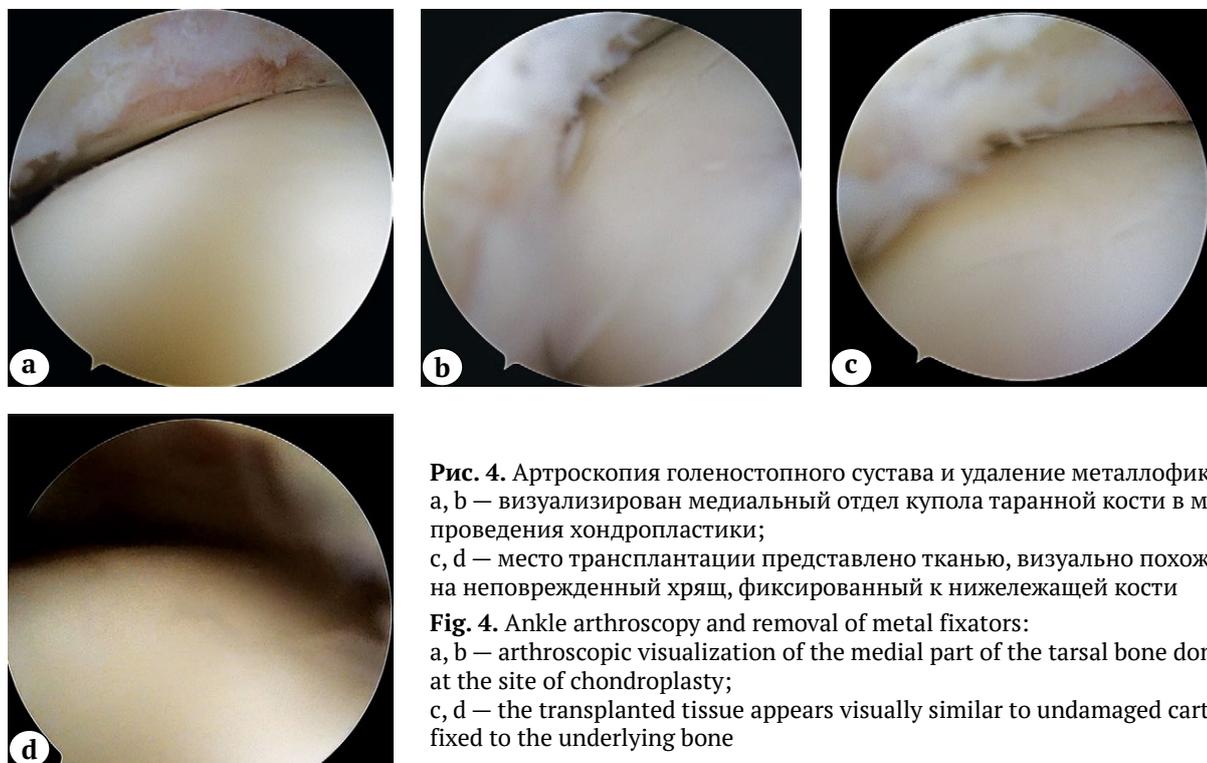


**Рис. 5.** МРТ через 12 мес. после операции (T2-взвешенное изображение): полная костно-хрящевая интеграция аутографта и коллагеновой мембраны

**Fig. 5.** MRI of the left ankle (T2-weighted image): the completed osteochondral integration of an autograft and a collagen membrane

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Возможности лечения полнослойных остеохондральных дефектов таранной кости ограничены — единственным способом восстановления архитектуры таранной кости является костная пластика [19, 20]. При крупных дефектах (более 1,5 см<sup>2</sup>) для восстановления архитектуры таранной кости широко применяется костная ауто- и аллоплас-



**Рис. 4.** Артроскопия голеностопного сустава и удаление металлофиксаторов: а, b — визуализирован медиальный отдел купола таранной кости в месте проведения хондропластики; с, d — место трансплантации представлено тканью, визуально похожей на неповрежденный хрящ, фиксированный к нижележащей кости

**Fig. 4.** Ankle arthroscopy and removal of metal fixators: a, b — arthroscopic visualization of the medial part of the tarsal bone dome at the site of chondroplasty; c, d — the transplanted tissue appears visually similar to undamaged cartilage, fixed to the underlying bone

тика [5, 15]. Несмотря на хорошие клинические результаты при лечении крупных дефектов, при мозаичной костной аутопластике от 20 до 40% дефекта замещается фиброзным хрящом. E. Chang и E. Lenczner отметили, что при мозаичной хондропластике (нескольких костных столбиков) восстановление однородного хрящевого покрытия таранной кости весьма затруднительно [21]. По данными N. Kodama с соавторами, суставная поверхность при выполнении мозаичной хондропластики, в частности пространство между костными столбиками, преимущественно представлено фиброзной тканью [22].

Использование цельного аллотрансплантата позволяет восстановить архитектуру таранной кости, минимизируя развитие фиброзной ткани [23]. Наиболее частым осложнением является костная резорбция, сопровождающаяся замедленной консолидацией или ее отсутствием и проседанием трансплантата, а в редких случаях — трансплантат-ассоциированная инфекция [24]. По данным послеоперационных МРТ-исследований, чаще наблюдается костная резорбция на границе «аллотрансплантат — здоровая кость», нежели «ауто-трансплантат — здоровая кость» [15].

Создание костного «каркаса» с помощью ауто-трансплантатов является одной из приоритетных задач в лечении пациентов с полнослойными остеохондральными дефектами, однако восстановление хрящевого покрытия играет немаловажную роль в долгосрочной перспективе. Использование коллагеновой мембраны для покрытия костного ауто-трансплантата позволяет концентрировать большое количество мезенхимальных клеток и воссоздать цельное хрящевое покрытие, состоящее из гиалиноподобной хрящевой ткани [25]. Фиксация мембраны с помощью фибринового геля с клеящей способностью может способствовать хондрогенной дифференцировке мезенхимальных стволовых клеток [26], чем мы и руководствовались при выборе метода фиксации мембраны.

F. Migliorini с соавторами склоняются к возрастному ограничению имплантации аутологичных культивированных хондроцитов для восстановления хрящевого покрытия, так как пациенты в возрасте 30–33 лет демонстрируют лучшие результаты по сравнению с более старшей возрастной группой. При использовании технологии AMIC данная тенденция не прослеживалась. Поэтому авторы пришли к выводу о том, что эта методика может применяться в старших возрастных группах пациентов с дефектами таранной кости. К тому же одноэтапность и стоимость данной процедуры в отличие от методики культивирования хондроцитов (забор и культивирование хондроцитов в лабораторных условиях с последующей имплан-

тацией) являются немаловажными преимуществами как для пациентов, так и для хирургов [13, 27].

В клиническом наблюдении, представленном M. Wiewiorski с соавторами, описана комбинированная методика лечения крупного дефекта таранной кости, которая состоит из замещения дефекта ауто-трансплантатом, взятым из гребня подвздошной кости, с применением коллагеновой мембраны. Крупный нестабильный остеохондральный дефект площадью около 3 см<sup>2</sup> был удален в пределах здоровых тканей, выполнена стимуляция костного мозга с использованием ретроградного микро-дриллинга, затем в зону дефекта уложена костная крошка, взятая из гребня подвздошной кости [15]. Как и в нашем случае, коллагеновую мембрану фиксировали к костному ауто-трансплантату фибриновым клеем.

В экспериментальной работе Г.Д. Лазишвили с соавторами провели сравнение эффективности коллагеновых мембран Ортософт (Россия) и Chondro-Gide (Германия). Мембрана Ортософт сформирована методом электроспиннинга из нановолокон диаметром 300–500 нм, состоящих из смеси полилактида и бычьего коллагена I типа. Мембрана Chondro-Gide изготовлена из свиного коллагена I и III типов. В случае применения композитной мембраны Ортософт весьма показательны следующие моменты. Во-первых, образование хрящевой ткани в процентном соотношении заметно выше; во-вторых, ярко выражены островки хрящевой ткани в центре дефекта по всей его толщине, скорость репарации клеток выше, что и является причиной большего объема хрящевой ткани, в отличие от зоны имплантации мембраны Chondro-Gide, где выявлялся только «краевой» неохондрогенез. Во всех случаях хрящевая ткань при неохондрогенезе была представлена гиалиновым хрящом. Таким образом, проведенное исследование подтвердило эффективность применения коллагеновых мембран для регенерации хрящевой ткани. Эксперимент показал, что композитная мембрана Ортософт не уступает, а в ряде случаев и превосходит эффективность мембраны Chondro-Gide [25].

Для профилактики формирования субхондральных кист предпочтительнее использовать структурный ауто-трансплантат с прочной посадкой, нежели спонгиозную крошку [28]. В нашей работе ауто-трансплантат мы брали в виде костных столбиков и имплантировали в место дефекта методом press-fit по аналогии с техникой хондропластики по Hangody. В оригинальной методике L. Hangody было предложено выполнение «мозаичной» аутохондропластики, где костный трансплантат брался из ненагружаемой области мыщелка бедренной кости [29]. К преимуществам забора трансплантата из данной области относится воз-

возможность восполнения крупных дефектов костным аутооттрансплантатом, покрытым хрящевой тканью. Отрицательной стороной способа является возникновение болевого синдрома в донорском месте [30]. В.В. Кузнецов с соавторами предложили брать костный аутооттрансплантат из преахиллярной области пяточной кости, что обеспечивает меньший остаточный болевой синдром «донорского места» и большую удовлетворенность пациентов по сравнению с оригинальной методикой [31]. В нашем клиническом случае мы брали костный аутооттрансплантат из ската пяточной кости, и болевого синдрома через 12 мес. после операции не наблюдалось. Однако методика АМІС с остеотомией лодыжки при доступе к остеохондральному дефекту таранной кости не лишена недостатков. Так, зарубежные коллеги сообщают об основном осложнении, связанном не столько с самой методикой, сколько с фиксацией остеотомированной лодыжки винтами — это жалобы пациентов на наличие дискомфорта в проекции металлофиксаторов [32]. Именно поэтому мы считаем целесообразным удалять металлофиксаторы, но не ранее чем через полгода после операции. Артроскопическая санация с обзором места хондроластики в совокупности с МРТ-исследованием позволяют ви-

зуально оценить хрящеподобное покрытие зоны хондроластики и его идентичность с окружающим хрящевым покрытием таранной кости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При полнослойном остеохондральном дефекте таранной кости оптимальным методом лечения является замещение остеохондрального дефекта костным аутооттрансплантатом. Данный способ является одним из самых доступных, воспроизводимых, а «мозаичная» имплантация костных аутооттрансплантатов позволяет замещать дефекты различных размеров и формы.

В представленном клиническом наблюдении применение костного аутооттрансплантата позволило восполнить дефект таранной кости, а укрытие аутооттрансплантата коллагеновой мембраной способствовало формированию в зоне дефекта гиалиноподобной хрящевой ткани, визуально идентичной окружающему хрящевому покрытию таранной кости. Несмотря на положительный результат лечения, невозможно сделать вывод о преимуществе метода лечения на основании одного клинического наблюдения. Необходимы более масштабные исследования нового метода лечения и его сравнение с уже существующими.

## 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 пациента 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]

- DeBerardino T.M., Arciero R.A., Taylor D.C. Arthroscopic treatment of soft tissue impingement of the ankle in athletes. *Arthroscopy*. 1997;13(4):492-498. doi: 10.1016/s0749-8063(97)90129-8.
- Rikken Q.G.H., Kerkhoffs G.M.M.J. Osteochondral Lesions of the Talus: An Individualized Treatment Paradigm from the Amsterdam Perspective. *Foot Ankle Clin*. 2021;26(1):121-136. doi: 10.1016/j.fcl.2020.10.002.

- Shimozono Y., Yasui Y., Ross A.W., Kennedy J.G. Osteochondral lesions of the talus in the athlete: up to date review. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017;10(1):131-140. doi: 10.1007/s12178-017-9393-8.
- Lan T., McCarthy H.S., Hulme C.H., Wright K.T., Makwana N. The management of talar osteochondral lesions — Current concepts. *J Arthrosc Jt Surg*. 2021;8(3):231-237. doi: 10.1016/j.jajs.2021.04.002.

5. Giannini S., Buda R., Faldini C., Vannini F., Bevoni R., Grandi G. et al. Surgical treatment of osteochondral lesions of the talus in young active patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87 Suppl 2:28-41. doi: 10.2106/JBJS.E.00516.
6. Verhagen R.A., Maas M., Dijkgraaf M.G.W., Tol J.L., Krips R., van Dijk C.N. Prospective study on diagnostic strategies in osteochondral lesions of the talus. Is MRI superior to helical CT? *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(1):41-46.
7. Hepple S., Winson I.G., Glew D. Osteochondral Lesions of the Talus: A Revised Classification. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):789-793. doi: 10.1177/107110079902001206.
8. Зейналов В.Т., Шкуро К.В. Методы лечения остеохондральных повреждений таранной кости (рассекающий остеохондрит) на современном этапе (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2018;4(34):24-36. doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.4.24-36.  
Zeinalov V.T., Shkuro K.V. Recent methods of treatment of osteochondral lesions (osteochondritis dissecans) of the talus (Literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics.* 2018;4(34):24-36. (In Russian). doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.4.24-36.
9. Айрапетов Г., Воротников А., Коновалов Е. Методы хирургического лечения локальных дефектов гиалинового хряща крупных суставов (обзор литературы). *Гений ортопедии.* 2017;23(4):485-491. doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-4-485-491.  
Airapetov G., Vorotnikov A., Konovalov E. Surgical methods of focal hyaline cartilage defect management in large joints (literature review). *Genij Ortopedii.* 2017;23(4):485-491. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-4-485-491.
10. Choi W.J., Park K.K., Kim B.S., Lee J.W. Osteochondral Lesion of the Talus. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1974-1980. doi: 10.1177/0363546509335765.
11. Yang H.Y., Lee K.B. Arthroscopic Microfracture for Osteochondral Lesions of the Talus: Second-Look Arthroscopic and Magnetic Resonance Analysis of Cartilage Repair Tissue Outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(1):10-20. doi: 10.2106/JBJS.19.00208.
12. Герасимов С.А., Тенилин Н.А., Корыткин А.А., Зыкин А.А. Хирургическое лечение ограниченных повреждений суставной поверхности: современное состояние вопроса. *Политравма.* 2016;(1):63-69.  
Gerasimov S.A., Tenilin N.A., Korytkin A.A., Zykin A.A. Surgical treatment of localized injuries to articular surface: the current state of the issue. *Polytrauma.* 2016;(1):63-69. (In Russian).
13. Migliorini F., Maffulli N., Eschweiler J., Götze C., Hildebrand F., Betsch M. Prognostic factors for the management of chondral defects of the knee and ankle joint: a systematic review. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2023;49(2):723-745. doi: 10.1007/s00068-022-02155-y.
14. Behrens P., Bitter T., Kurz B., Russlies M. Matrix-associated autologous chondrocyte transplantation/implantation (МАСТ/МАЦИ) — 5-year follow-up. *Knee.* 2006;13(3):194-202. doi: 10.1016/j.knee.2006.02.012.
15. Wiewiorski M., Barg A., Valderrabano V. Autologous matrix-induced chondrogenesis in osteochondral lesions of the talus. *Foot and Ankle Clinics.* 2013;18(1):151-158. doi: 10.1016/j.fcl.2012.12.009.
16. Егиазарян К.А., Лазишвили Г.Д., Ратьев А.П., Сиротин И.В., Бут-Гусаим А.Б., Данилов М.А. и др. Современные тенденции в лечении локальных хрящевых дефектов коленного сустава. *Хирургическая практика.* 2020;(3):65-72. doi: 10.38181/2223-2427-2020-3-65-72.  
Egiazaryan K.A., Lazishvili G.D., Ratyev A.P., Sirotin I.V., But-Gusaim A.B., Danilov M.A. et al. Modern trends in the treatment of local cartilage defects of the knee. *Surgical Practice.* 2020;(3):65-72. (In Russian). doi: 10.38181/2223-2427-2020-3-65-72.
17. De Boer A.S., Tjioe R.J.C., Van Der Sijde F., Meuffels D.E., den Hoed P.T., Van der Vlies C.H. et al. The American Orthopaedic Foot and Ankle Society AnkleHindfoot Scale; Translation and validation of the Dutch language version for ankle fractures. *BMJ Open.* 2017;7(8):e017040. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017040.
18. Martin R.L., Irrgang J.J., Burdett R.G., Conti S.F., Van Swearingen J.M. Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int.* 2005;26(11):968-983. doi: 10.1177/107110070502601113.
19. Тимофеев К.А. Дефекты таранной кости и возможности их замещения. *Уральский медицинский журнал.* 2022;21(2):55-58. doi: 10.52420/2071-5943-2022-21-2-55-58.  
Timofeev K.A. Pelvic bone defects and possibilities of their replacement. *Ural Medical Journal.* 2022;21(2):55-58. (In Russian). doi: 10.52420/2071-5943-2022-21-2-55-58.
20. Корышков Н.А., Хапилин А.П., Ходжиев А.С., Воронкевич И.А., Огарёв Е.В., Симонов А.Б. и др. Мозаичная аутологичная остеохондропластика в лечении локального асептического некроза блока таранной кости. *Травматология и ортопедия России.* 2014;20(4):90-98. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-90-98.  
Koryshkov N.A., Khapilin A.P., Khodzhiev A.S., Voronkevich I.A., Ogarev E.V., Simonov A.B. et al. Treatment of local talus osteochondral defects using mosaic autogenous osteochondral plasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2014;20(4):90-98. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-4-90-98.
21. Chang E., Lenczner E. Osteochondritis dissecans of the talar dome treated with an osteochondral autograft. *Can J Surg.* 2000;43(3):217-221.
22. Kodama N., Honjo M., Maki J., Hukuda S. Osteochondritis dissecans of the talus treated with the mosaicplasty technique: a case report. *J Foot Ankle Surg.* 2004;43(3):195-198. doi: 10.1053/j.jfas.2004.03.003.
23. Bisicchia S., Rosso F., Amendola A. Osteochondral allograft of the talus. *Iowa Orthop J.* 2014;34:30-37.
24. Merritt G., Epstein J., Roland D., Bell D. Fresh osteochondral allograft transplantation (FOCAT) for definitive management of a 198 square millimeter osteochondral lesion of the talus (OLT): A case report. *Foot (Edinb).* 2021;46:101639. doi: 10.1016/j.foot.2019.09.001.
25. Лазишвили Г.Д., Егиазарян К.А., Никишин Д.В., Воронцов А.А., Шпак М.А., Клинов Д.В. и др. Экспериментальное обоснование применения коллагеновых мембран для реконструкции полнослойных дефектов гиалинового хряща. *Хирургическая практика.* 2020;(1):45-52. doi: 10.38181/2223-2427-2020-1-45-52.  
Lazishvili G.D., Egiazaryan K.A., Nikishin D.V., Vorontsov A.A., Shpak M.A., Klinov D.V. et al. Experimental substantiation of the use of collagen membranes for the reconstruction of full-thickness defects in hyaline cartilage. *Surgical Practice.* 2020;1(41):45-52. (In Russian). doi: 10.38181/2223-2427-2020-1-45-52.

26. Malahias M.A., Kostretzis L., Megaloikonos P.D., Cantiller E.B., Chytas D., Thermann H. et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis for the treatment of osteochondral lesions of the talus: A systematic review. *Orthop Rev (Pavia)*. 2021;12(4):8872. doi: 10.4081/or.2020.8872.
27. Migliorini F., Maffulli N., Baroncini A., Knobe M., Tingart M., Eschweiler J. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation versus autologous matrix-induced chondrogenesis for chondral defects of the talus: a systematic review. *Br Med Bull*. 2021;138(1):144-154. doi: 10.1093/bmb/ldab008.
28. Hurley E.T., Murawski C.D., Paul J., Marangon A., Prado M.P., Xu X. et al. Osteochondral Autograft: Proceedings of the International Consensus Meeting on Cartilage Repair of the Ankle. *Foot Ankle Int*. 2018;39(1 suppl):28S-34S. doi: 10.1177/1071100718781098.
29. Hangody L., Füles P. Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A Suppl 2:25-32. doi: 10.2106/00004623-200300002-00004.
30. Пашкова Е., Сорокин Е., Коновальчук Н., Фомичев В., Шулепов Д., Демьянова К. Ретроспективный анализ результатов оперативного лечения пациентов с остеохондральными повреждениями блока таранной кости. *Гений ортопедии*. 2022;28(5):643-651. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-643-651.
31. Кузнецов В.В., Пахомов И.А., Корочкин С.Б., Репин А.В., Гуди С.М. Способ забора остеохондрального аутотрансплантата из преахиллярной области пяточной кости. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(5). Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27105&ysclid=lp15n1sy70942901269>.
32. Kuznetsov V.V., Pakhomov I.A., Korochkin S.B., Repin A.V., Gudi S.M. Osteochondral graft from the pre-Achilles for repair of ankle joint articular surface defects and lesions. *Modern Problems of Science and Education*. 2017;(5). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27105&ysclid=lp15n1sy70942901269>. (In Russian).
33. Waltenspül M., Meisterhans M., Ackermann J., Wirth S. Typical Complications After Cartilage Repair of the Ankle Using Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC). *Foot Ankle Orthop*. 2023;8(1):24730114231164150. doi: 10.1177/24730114231164150.

#### Сведения об авторах

✉ Чеботарев Виталий Витальевич

Адрес: Россия, 127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10

<https://orcid.org/0009-0001-6483-3162>

e-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

Коробушкин Глеб Владимирович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-9960-2911>

e-mail: kgleb@mail.ru

Ахмедов Багавдин Гаджиевич — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-9041-9539>

e-mail: drbagavdin@mail.ru

Гайдаров Арип Рашидович

<https://orcid.org/0000-003-4295-4294>

e-mail: 91gaydarov91@mail.ru

#### Authors' information

✉ Vitaliy V. Chebotarev

Address: 10, Priorova st., Moscow, 127299, Russia

<https://orcid.org/0009-0001-6483-3162>

e-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

Gleb V. Korobushkin — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-9960-2911>

e-mail: kgleb@mail.ru

Bagavdin G. Akhmedov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-9041-9539>

e-mail: drbagavdin@mail.ru

Arip R. Gaidarov

<https://orcid.org/0000-003-4295-4294>

e-mail: 91gaydarov91@mail.ru



## Коррекция многовершинных деформаций длинных костей нижних конечностей: обзор литературы

Е.С. Головёнкин<sup>1</sup>, Л.Н. Соломин<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> ООО «Орто-СУВ», г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Многовершинные деформации длинных костей нижних конечностей являются сложной и широко распространенной ортопедической патологией. Большое количество публикаций посвящено ее отдельным аспектам: диагностике, планированию, коррекции. Однако не было найдено ни одной работы, содержащей комплексную оценку современных взглядов на проблему лечения пациентов с многовершинными деформациями длинных костей.

**Цель** — основываясь на данных научной литературы, определить современные представления и нерешенные вопросы анализа, планирования и коррекции многовершинных деформаций длинных костей нижних конечностей.

**Материал и методы.** Для поиска литературы были использованы электронные базы данных: PubMed/MEDLINE, SAGE Publishing Journals, Embase, eLIBRARY, Google Scholar. Особое внимание уделялось работам, содержащим информацию о диагностике, планировании и методах коррекции многовершинных деформаций. В обзор было включено 46 публикаций.

**Результаты.** В литературе как синонимы используются термины «многовершинная деформация» и «многоуровневая деформация». Одновременно с этим термин «многоуровневая деформация» используется для обозначения одновершинных деформаций разных сегментов конечности. Основным диагностическим признаком многовершинной деформации является расположение вершины за пределами границ кости. В отличие от одновершинных деформаций, при планировании коррекции многовершинных деформаций используется ось промежуточного(-ых) фрагмента(-ов). Большинство авторов определяют ее как среднедиафизарную линию. Коррекция многовершинных деформаций выполняется одномоментно или постепенно. Одномоментная коррекция с внутренней фиксацией, несомненно, является более комфортной для пациента. При наличии противопоказаний к ней устранение деформации выполняется дозированно с использованием унифицированных репозиционных узлов или ортопедических гексаподов.

**Заключение.** Термин «многовершинная деформация» априори показывает, что деформированная кость имеет несколько вершин деформаций, поэтому он должен иметь приоритет перед термином «многоуровневая деформация». Диагностический признак многовершинной деформации «локализация вершины деформации за пределами границ кости» не является абсолютным и требует уточнения. При планировании коррекции имеются сложности при использовании механических осей, а также при определении оси нелинейного промежуточного фрагмента (фрагментов). «Пружинная техника» имеет значимые преимущества перед другими вариантами применения ортопедических гексаподов при коррекции многовершинной деформации. Однако необходимо обоснование оптимальных характеристик эластичных тяг, точек их фиксации к опорам, а также уточнение способа использования компьютерной программы. Решение данных задач позволит повысить эффективность лечения пациентов с многовершинными деформациями.

**Ключевые слова:** многовершинные деформации, многоуровневые деформации, одномоментная коррекция деформаций, постепенная коррекция деформаций, ассистирующая внешняя фиксация, чрескостный остеосинтез, ортопедический гексапод, «пружинная техника».

**Для цитирования:** Головёнкин Е.С., Соломин Л.Н. Коррекция многовершинных деформаций длинных костей нижних конечностей: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):134-146. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-11174>.

Головёнкин Евгений Сергеевич; e-mail: [golovenkin\\_1996@mail.ru](mailto:golovenkin_1996@mail.ru)

Рукопись получена: 17.05.2023. Рукопись одобрена: 17.08.2023. Статья опубликована онлайн: 18.10.2023.

© Головёнкин Е.С., Соломин Л.Н., 2023



## Correction of Multiapical Deformities of Long Bones of the Lower Extremities: A Review

Evgeniy S. Golovenkin<sup>1</sup>, Leonid N. Solomin<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> LLC "Ortho-SUV", St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** Multiapical deformities of the long bones of the lower extremities represent a complex and widely prevalent orthopedic pathology. A numerous of publications address its individual aspects: diagnosis, planning, and correction. However, no single study was found that offers a comprehensive assessment of contemporary views on treating patients with multiapical deformities of long bones.

**Aim of the review** – to define current concepts and unresolved issues in the analysis, planning, and correction of multiapical deformities of the long bones of the lower limbs based on the scientific literature.

**Methods.** Electronic databases were utilized for literature search: PubMed/MEDLINE, SAGE Publishing Journals, Embase, eLIBRARY, Google Scholar. Particular attention was paid to studies that provide information on diagnosis, planning, and correction methods for multiapical deformities. A total of 46 publications were included in the review.

**Results.** In the literature, the terms “multiapical deformity” and “multilevel deformity” are used synonymously. At the same time, the term “multilevel deformity” is used to denote uniapical deformities of different limb segments. The main diagnostic feature of a multiapical deformity is the location of the apex outside the bone. Unlike uniapical deformities, the correction planning of multiapical deformities uses the axis of the intermediate fragment(s). Most authors define it as the mid-diaphyseal line. The correction of multiapical deformities is performed either acute or gradually. Acute correction with internal fixation is undoubtedly more comfortable for the patient. If there are contraindications to it, the deformity correction is performed gradually using Ilizarov hinges or orthopedic hexapods.

**Conclusion.** The term “multiapical deformity” inherently indicates that the deformed bone has more than one apex, so it should take precedence over the term “multilevel deformity”. The diagnostic feature of the multiapical deformity “localization of the AOD outside the bone” is not absolute and requires clarification. There are challenges in planning the correction using mechanical axes, as well as in determining the axis of the nonlinear (bowing) intermediate fragment(s). The “spring technique” has significant advantages over other variants of using orthopedic hexapods in correcting a multiapical deformity. However, a rationale for the optimal characteristics of springs, their fixation points to supports, and clarification of the computer program’s use method is required. Addressing these issues will enhance the treatment efficiency for patients with multiapical deformities.

**Keywords:** multiapical deformities, multilevel deformities, deformity correction planning, acute deformity correction, gradual deformity correction, assisted external fixation, external fixation, orthopedic hexapod, “spring technique”.

---

**Cite as:** Golovenkin E.S., Solomin L.N. Correction of Multiapical Deformities of Long Bones of the Lower Extremities: A Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):134-146. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-11174>.

✉ Evgeniy S. Golovenkin, e-mail: [golovenkin\\_1996@mail.ru](mailto:golovenkin_1996@mail.ru)

Submitted: 17.05.2023. Accepted: 17.08.2023. Published Online: 18.10.2023.

© Golovenkin E.S., Solomin L.N., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Определения термина «деформация» с технической и ортопедической точек зрения существенно отличаются. С технической точки зрения деформация — это изменение взаимного расположения точек твердого тела, расстояние между которыми изменяется под воздействием внешних сил\*. В ортопедической хирургии понятие «деформация» предполагает несоответствие референтных линий и углов значениям, принятым за норму при наличии или отсутствии укорочения [1, 2, 3]. Компоненты деформации включают смещение по длине, смещение под углом, смещение по периферии и ротационное смещение. При наличии угловой деформации используется понятие «вершина деформации» (ВД) — точка пересечения проксимальной и дистальной осей сегмента [2, 4, 5]. В англоязычной литературе в аналогичном значении употребляются термины «center of rotation of angulation» (CORA) [6, 7, 8, 9, 10, 11], «apex of deformity» (AOD) [12, 13, 14] и «center of deformity» (CD) [15] и «Vertex of deformity — fulcrum» [16].

Деформации могут иметь одну или несколько вершин. Деформацию с несколькими вершинами в пределах одного сегмента именуют многовершинной (англ. multiapical/multi-apex deformity) [3, 10, 12, 17, 18] или многоуровневой (англ. multilevel/multiple-level deformity) [5, 13, 14, 19, 20, 21]. Многовершинные деформации (МД) длинных костей нижних конечностей являются достаточно широко распространенной сложной ортопедической патологией, которая ведет к тяжелым нарушениям статики и кинематики опорно-двигательного аппарата [5, 21, 22]. Профильные публикации посвящены отдельным аспектам МД: диагностике, планированию, коррекции; особенностям применительно к разным сегментам. Однако нами не было найдено ни одной работы, в которой бы была произведена комплексная оценка современных взглядов на проблему лечения пациентов с МД длинных костей.

*Цель обзора* — основываясь на данных литературы, определить современные представления и нерешенные вопросы анализа, планирования и коррекции многовершинных деформаций длинных костей нижних конечностей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Был выполнен поиск литературы в базах данных PubMed/MEDLINE, SAGE Publishing Journals, Embase (на английском языке), eLIBRARY (на русском языке), Google Scholar (на русском и английском языках). Были использованы следующие ключевые слова: многовершинные деформации,

многоуровневые деформации, одномоментная коррекция деформаций, постепенная коррекция деформаций, коррекция деформаций во времени, ассистирующая внешняя фиксация, аппарат Илизарова, ортопедические гексаподы, «пружинная техника»; assisted external fixation, fixator assisted nailing, Ilizarov frame, orthopedic hexapods, multiapical deformity, multi-apex deformity, multilevel deformity, multiple-level deformity, acute deformity correction, gradual deformity correction, spring technic.

*Критериями включения* публикаций в обзор являлись:

- 1) исследования всех уровней доказательности;
- 2) наличие в публикации данных о лечении больных с МД длинных костей нижних конечностей;
- 3) публикации, в которых содержится определение термина «деформация», а также те, в которых содержатся данные о диагностике, планировании и лечении деформаций длинных костей;
- 4) доступность полного текста публикации на русском или английском языках.

В обзор было включено 46 публикаций (8 русскоязычных и 38 англоязычных). Особое внимание было уделено используемым авторами методам устранения МД, показателям точности и длительности коррекции, а также осложнениям.

Необходимо подчеркнуть, что подавляющее большинство изученных источников представляли собой экспертные мнения [1, 11, 19, 23, 24, 25], анализ клинического случая или серии клинических случаев [4, 8, 17, 18, 20–37]. Многие авторы в своих исследованиях не выделяли пациентов с МД в отдельную группу, что не позволило корректно интерпретировать результаты исследования в рамках рассматриваемой темы [4, 8, 18, 29, 35, 37, 38]. На основании этого можно сделать вывод о дефиците исследований высокой степени доказательности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Как уже было отмечено, в научной литературе для обозначения деформации, имеющей несколько вершин в пределах одного сегмента, на правах синонимов используются два термина: многовершинная деформация и многоуровневая деформация. Одновременно с этим термин «многоуровневая деформация» используется для обозначения одновершинных деформаций разных сегментов одной конечности [39].

Диагностика многовершинных деформаций бедра и голени рассматривается в 12 публикациях [1, 6, 9, 10, 12, 14, 17, 21, 24, 29, 34, 35]. В них основным признаком МД называется локализация

\* [https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/843/%D0%94%D0%95%D0%A4%D0%9E%D0%A0%D0%9C%D0%90%D0%A6%D0%98%D0%AF?ysclid=ln1t183d48879658342](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/843/%D0%94%D0%95%D0%A4%D0%9E%D0%A0%D0%9C%D0%90%D0%A6%D0%98%D0%AF?ysclid=ln1t183d48879658342)

вершины деформации за пределами границ кости: медиально, латерально, спереди или сзади (рис. 1 а), а также выше или ниже (рис. 1 б). Диагностику МД большеберцовой кости рекомендуется выполнять при помощи механических осей, а бедренной кости — при помощи анатомических [1, 9]. В литературе в качестве диагностических признаков МД также приводятся:

- наличие «дугобразной» кости [14] (рис. 1 с);
- отклонение одного из углов от референтных значений при пересечении анатомических осей в области «явно видимой деформации» [14] (рис. 1 d);
- локализация вершины деформации в пределах кости, но за пределами «явно видимой деформации» [1, 14] (рис. 1 e);
- наличие параллельных осей проксимального и дистального отделов кости [14] (рис. 1 f).

Планирование коррекции многовершинных деформаций рассмотрено в 12 работах [1, 6, 9, 10, 12, 14, 17, 21, 24, 29, 34, 35]. При этом, помимо осей проксимального и дистального отделов кости, используется ось промежуточного отдела той области кости, в которой будут выполнены остеотомии, формирующие промежуточный фрагмент или промежуточные фрагменты.

Большинство авторов придерживаются мнения, что ось промежуточного фрагмента представляет собой среднедиафизарную линию [9, 10, 14,

17, 21, 29, 34]. В работе D. Paley содержится альтернативная позиция, согласно которой ось промежуточного фрагмента может быть проведена в различных вариантах (ориг. «can be drawn at different orientations») [6] (рис. 2). Основываясь на приведенной в его работе иллюстрации, можно предположить, что допускаются любые положение и угол наклона оси промежуточного фрагмента при условии, что она пересекается с осями проксимального и дистального отделов кости и не выходит за пределы границ кости.

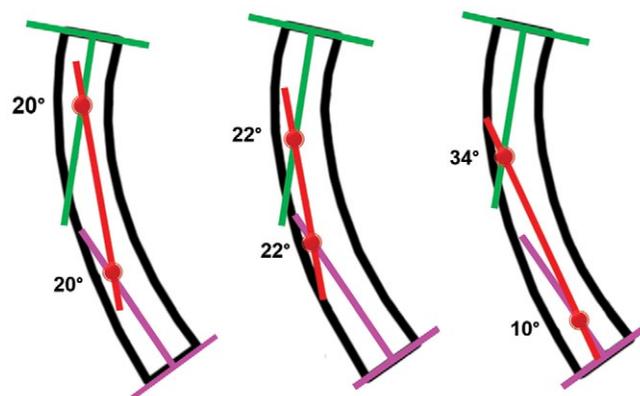


Рис. 2. Варианты определения оси промежуточного фрагмента по D. Paley [6]

Fig. 2. Different options of identifying the axis of intermediate fragment according to D. Paley [6]

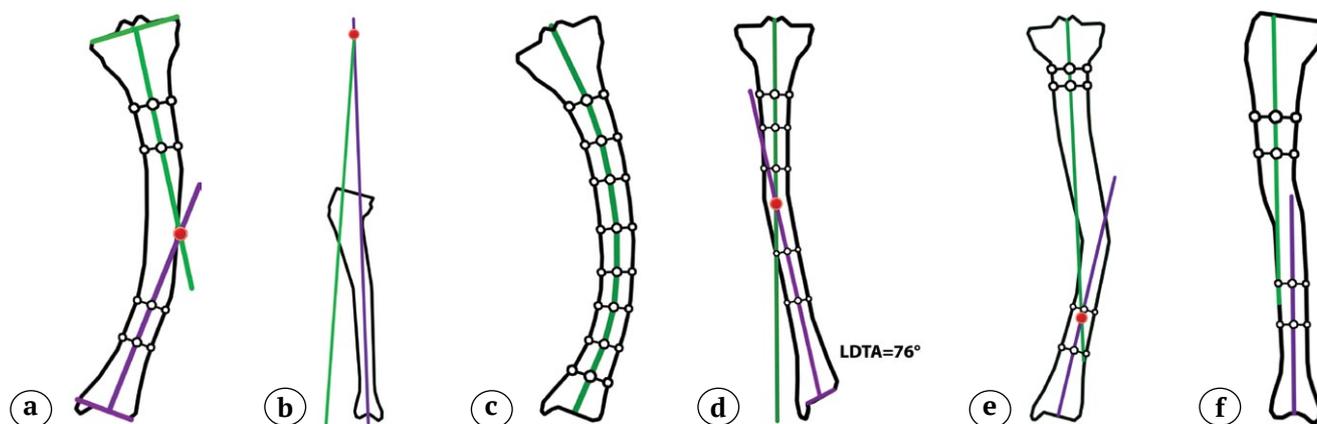


Рис. 1. Диагностические признаки МД (на примере большеберцовой кости):

- а — расположение вершины деформации за пределами границ кости (латерально);
- б — расположение вершины деформации за пределами границ кости (выше);
- с — «дугобразная» форма кости;
- д — отклонение LDТА от нормы при пересечении анатомических осей в области «явно видимой деформации»;
- е — локализация вершины деформации за пределами «явно видимой деформации»;
- ф — оси проксимального и дистального отделов кости располагаются параллельно

Fig. 1. Diagnostic signs of MD (using the tibia as an example):

- а — AOD is located outside of the bone (laterally);
- б — AOD is located outside of the bone (proximally);
- с — the bone has a long, curving bow;
- д — the bone segment has an obvious deformity plus the LDТА formed by the mid-diaphyseal line is abnormal;
- е — AOD doesn't match the obvious deformity;
- ф — the proximal and distal axes are parallel

Авторы солидарны в том, что точки пересечения оси промежуточного фрагмента с осями проксимального и дистального фрагментов являются оптимальными для выполнения остеотомий. Коррекция на уровне каждой из вершин выполняется согласно первому правилу остеотомий. В случаях, когда размер одного из фрагментов слишком мал, рекомендуется использование второго правила остеотомий [14]. При необходимости коррекции деформаций, имеющих более двух вершин [4, 17, 20, 30, 31, 35, 37], планирование осуществляется при помощи осей нескольких промежуточных фрагментов [1, 20]. При планировании коррекции деформации голени D. Paley рекомендует использовать следующий алгоритм [1]:

- 1) провести среднediaфизарные линии проксимального и дистального отделов кости;
- 2) определить соответствие анатомических углов значениям нормы; в случае несовпадения — провести анатомические оси, соответствующие норме;
- 3) выявить ВД (точки пересечения осей проксимального, промежуточных и дистального фрагментов), измерить величины угловых деформаций для каждой ВД и определить оптимальные уровни для выполнения остеотомий.

Коррекция деформаций, в том числе многовершинных, может быть выполнена как одномомент-

но, так и постепенно, т. е. дозированно во времени. Определены следующие преимущества одномоментной коррекции с использованием внутренней фиксации над постепенной коррекцией:

- 1) бытовой комфорт ввиду отсутствия громоздкой внешней металлоконструкции [17, 18, 24, 29, 30];
- 2) предупреждение рецидивов деформаций, а также рефрактур, особенно при несовершенном остеогенезе [17, 28];
- 3) отсутствие характерных для внешней фиксации осложнений, а именно трансфиксационных контрактур и воспалений вокруг чрескостных элементов [30, 31];
- 4) отсутствие необходимости участия пациента и/или ортопеда-куратора в процессе коррекции [40];
- 5) сокращение общих сроков лечения [29].

Использование молатеральных [17, 24] или кольцевых [31] аппаратов в качестве ассистирующей внешней фиксации повышает точность одномоментной коррекции [18, 24, 27, 29, 31]. Данный метод успешно применяется при коррекции МД длинных костей нижних конечностей. При выполнении одномоментной коррекции многовершинных деформаций для окончательной фиксации костных фрагментов использовались интрамедуллярные стержни (табл. 1).

Таблица 1

**Исследования, посвященные одномоментной коррекции многовершинных деформаций (степень достоверности выше экспертного мнения)**

Автор, год публикации	Методика	Число пациентов (сегментов)	Точность коррекции	Период консолидации	Осложнения
Bilen F.E. et al., 2010 [17]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	4 (4)	MAD +2,25 мм (0–6) MPTA 89,75° (89–90) LDTA 90° (90)	ВНП в среднем — 43 дн./см (30–48)	1 ст. по Caton — 2 эпизода
Galal S., 2017 [18]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	≥1(≥1)	н/д	н/д	н/д
Paley D. et al., 1997 [26]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	н/д (8)	±1° от планируемого	н/д	Отсутствуют
Eralp L. et al., 2004 [27]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	2 (7)	MAD +8,75 мм (5–11) MPTA 86,5° (85–90) LDFA 87,5° (86–90)	н/д	Отсутствуют

Окончание таблицы 1

Автор, год публикации	Методика	Число пациентов (сегментов)	Точность коррекции	Период консолидации	Осложнения
Song H.R. et al., 2006 [28]	Окончательная фиксация интрамедуллярным стержнем	≥1(≥1)	н/д	н/д	н/д
Eralp L. et al., 2011 [29]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	≥1(≥1)	н/д	н/д	н/д
Kocaoğlu M. et al., 2011 [30]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	17 (43)	LDFA 87° (80–92) (val.) 90° (87–109) (var.); MPTA 88° (86–90) (var.) 87° (85–91) (val.); MAD (var.) +7 мм (0–29), MAD (val.) -6 (-20...+7)	н/д	1 ст. по Caton — 5 эпизодов, 2 ст. по Caton — 4 эпизода
Hughes A. et al., 2017 [31]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией внутренними металлоконструкциями	н/д (12)	н/д	н/д	н/д
Chaudhary M.M. et al., 2019 [38]	Ассистирующая внешняя фиксация с окончательной фиксацией интрамедуллярным стержнем	12 (12)	LDFA 89,1° (80,4–90,0) PDFA 86,6° (82,0–90,3) MAD восстановлена в 42% случаев	161 день (103–208)	н/д

MAD — mechanical axis deviation (отклонение механической оси); LPFA — lateral proximal femoral angle (латеральный проксимальный бедренный угол); PDFA — posterior distal femoral angle (задний дистальный бедренный угол); LDFA — lateral distal femoral angle (латеральный дистальный бедренный угол); MPTA — medial proximal tibial angle (медиальный проксимальный угол большеберцовой кости); LDTA — lateral distal tibial angle (латеральный дистальный угол большеберцовой кости); BHI — bone healing index; н/д — нет данных; val. — valgus (вальгус); var. — varus (варус).

При одномоментной коррекции, согласно данным разных авторов, суммарная величина угловой деформации не должна превышать 20–35° [4, 7, 41, 42], а торсионной — 20° [42]. Одномоментная коррекция с внутренней фиксацией в сравнении с постепенной обладает следующими недостатками:

- большая продолжительность операции [38];
- более низкие показатели точности коррекции [13, 29];
- отсутствие возможности выполнения коррекции остаточной деформации [13, 29];
- большая продолжительность времени, необходимого для консолидации [7, 43];
- риск возникновения глубокой инфекции [17, 28, 29, 31];
- большой объем интраоперационной кровопотери [38];
- объективные ограничения величины деформации, которая может быть скорректирована без риска нейротрофических осложнений [7, 29, 38, 41, 42].

При наличии противопоказаний к одномоментной коррекции деформаций выполняется постепенная коррекция. Данный метод предпочтителен при необходимости устранения сложных (многоплоскостных, многокомпонентных) деформаций [1, 13, 44]. При постепенной коррекции МД использовались репозиционные узлы по Илизарову [4, 28, 32, 33] и ортопедические гексаподы [8, 20, 21, 34, 35, 36, 37] (табл. 2).

Ортопедические гексаподы обладают следующими преимуществами над репозиционными узлами по Илизарову:

- возможность одноэтапной коррекции всех компонентов деформации [2, 8, 20, 44];
- лучшие показатели точности коррекции, особенно при устранении сложных деформаций [8, 40, 44, 45, 46];
- меньшая в сравнении с аппаратом Илизарова продолжительность срока, необходимого для подготовки специалистов [34, 40, 44, 45].

Таблица 2

**Исследования, посвященные коррекции многовершинных постепенных деформаций  
(степень достоверности выше экспертного мнения)**

Автор, год публикации	Методика	Число пациентов (сегментов)	Точность коррекции	Период коррекции; фиксации	Осложнения
Зырянов С.Я., 1995 [4]	Использование репозиционных узлов по Илизарову	<66 (н/д)	н/д	н/д	н/д
Ganger R. et al., 2009 [8]	Одновременная коррекция при помощи нескольких гексаподов	≥1 (≥1)	н/д	н/д	н/д
Соломин Л.Н. с соавт., 2017 [20]	«Пружинная техника»	7 (7)	97,6%	6 (4–9) нед.; 47 (37–54) нед.	1 ст. по Caton — 2 эпизода, 2 ст. по Caton — 1 эпизод
Виленский В.А. с соавт., 2019 [21]	Одновременная коррекция при помощи нескольких гексаподов	25 (30)	Val: MPTA 90,1±4,4° LDTA 86,5±8,0° Var: MPTA 88,6±1,8° LDTA 88,7±4,4°	31,1±20 д.; 47 (37–54) нед.	1 ст. по Caton — н/д («почти у всех»), 2 ст. по Caton — 11 случаев (37%)
	Последовательно при помощи одного гексапода	14 (19)	Val: MPTA 90,9±2,3° LDTA 89,7±5,5° Var: MPTA 87±3,2° LDTA 86±11,2°	27,1±48,3 дн.; 177,8±10,3 дн.	1 ст. по Caton — более 3 эпизодов («почти у всех»), 2 ст. по Caton — 5 эпизодов (26%)
Song H.R. et al., 2006 [28]	Использование репозиционных узлов по Илизарову	≥1(≥1)	н/д	н/д	н/д
Vaidya S.V., 2006 [32]	Использование репозиционных узлов по Илизарову	24 (47)	MPTA 86,3±6,4° LDTA 91,2±8,4° MAD 4,7±11,6 мм	н/д; ВНП в среднем 26,06±3,27 дн./см	1 ст. по Caton — 17 эпизодов; 2 ст. по Caton — 29 эпизодов
Matsubara H. et al., 2008 [33]	Использование репозиционных узлов по Илизарову	2 (6)	LDFA 88° (87–90) MPTA 86,5° (85–88) LDTA 87° (86–88)	н/д; 146 (133–157) дн.	Отсутствовали
Naqui S.Z.H. et al., 2008 [34]	Одновременная коррекция при помощи нескольких гексаподов	≥1 (≥1)	н/д	н/д	н/д
Koren L. et al., 2016 [35]	Одновременная коррекция при помощи нескольких гексаподов	≥2 (≥2)	н/д	н/д	н/д
Riganti S. et al., 2018 [36]	Одновременная коррекция при помощи нескольких гексаподов	≥1 (≥1)	н/д	н/д	н/д
Ray V. et al., 2021 [37]	Одновременная коррекция при помощи нескольких гексаподов	13 (19)	MAD — в среднем 13,4 мм (var.)	н/д	н/д
Chaudhary M.M. et al., 2019 [38]	Чрескостный остеосинтез (без указания репозиционного узла)	5 (5)	н/д	н/д; 148,2 (110–195) дн.	н/д

На сегодняшний день существуют три техники коррекции МД с использованием ортопедических гексаподов.

1. Одновременная коррекция нескольких вершин деформации с использованием нескольких ортопедических гексаподов: по одному на уровне каждой вершины [8, 11, 21, 25, 34, 36, 37, 47].

2. Последовательная коррекция МД при помощи одного гексапода [21]. При выполнении коррекции на уровне одной из вершин уровень другой(-их) зафиксирован. Деформация устраняется поочередно на уровне каждой вершины.

3. Одновременная коррекция нескольких вершин деформации при помощи одного ортопедического гексапода с использованием т.н. «пружинной техники» [20]. Страты ортопедического гексапода фиксируются к проксимальной и дистальной опорам. Промежуточная опора (одна или более) фиксируется к смежным опорам при помощи эластичных тяг (пружин). При выполнении коррекции промежуточный фрагмент «автоматически» занимает свое положение.

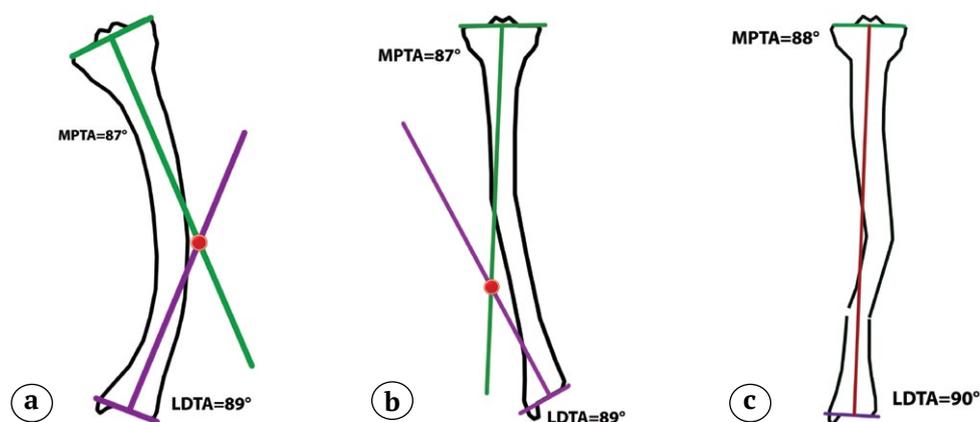
Несмотря на все положительные качества, ортопедические гексаподы имеют существенный недостаток — относительно высокую стоимость, что делает их значительно менее доступными для широкого использования, чем аппарат Илизарова [34, 45].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Имеется терминологическая путаница вследствие того, что «многовершинная деформация» и «многоуровневая деформация» используются как синонимы. По нашему мнению, термин «многовершинная деформация» априори показывает, что деформированная кость имеет несколько (две и более) вершин деформаций. Поэтому мы полагаем, что следует отдать предпочтение этому термину. Термин «многоуровневая деформация» уместнее употреблять для обозначения деформаций разных сегментов одной конечности.

Диагностика МД заслуживает отдельного рассмотрения. Признаки, обозначенные как «дугобразная кость» и «отклонение одного из углов от референтных значений при пересечении анатомических осей в области «явно видимой деформации» проиллюстрированы на рисунках 1 с, d. Однако при определении ВД с использованием механических осей в обоих случаях точка их пересечения располагается за пределами границ кости (рис. 3 а, b). Таким образом, рассматриваемые признаки являются не самостоятельными, а частными случаями признака № 1 — «расположение ВД за пределами границ кости».

Еще один признак МД — «локализация вершины деформации за пределами «явно видимой» деформации» — (см. рис. 1 е) также не может



**Рис. 3.** Анализ диагностических признаков МД:

а — планирование коррекции с использованием механических осей проксимального и дистального фрагментов (анализ признака № 2);

б — планирование коррекции с использованием механических осей проксимального и дистального фрагментов (анализ признака № 3);

с — имитация коррекции согласно первому правилу остеотомий (анализ признака № 4)

**Fig. 3.** Analysis of the diagnostic signs of MD:

a — correction planning using the mechanical axes of the proximal and distal bone fragments (analysis of sign N 2);

b — correction planning using the mechanical axes of the proximal and distal bone fragments (analysis of sign N 3);

c — correction according to the 1st osteotomy rule (analysis of sign N 4)

являться универсальным. При стандартном планировании с использованием механических осей ВД определяется в пределах границ кости, что позволяет выполнить коррекцию согласно первому правилу остеотомий (рис. 3 с).

Деформация с наличием параллельных осей проксимального и дистального фрагментов (см. рис. 1 f) в литературе именуется простой деформацией со смещением по ширине (*isolated translation deformity*). Ее коррекция может быть произведена при помощи выполнения как одной, так и двух остеотомий [1, 9, 15]. Вопрос, могут ли трансляционные деформации, устраненные при помощи двух остеотомий, быть отнесены к многовершинным, является дискуссионным.

Несмотря на то, что восстановление правильных взаимоотношений референтных линий и углов является ключевой целью коррекции деформации, также необходимо принимать во внимание форму кости после завершения коррекции. Коррекция МД может быть успешно выполнена при помощи одной остеотомии, согласно первому (при положении ВД кпереди, кзади, медиально или латерально от границ кости) или второму (при положении ВД выше или ниже границ кости) правилам остеотомий. Однако в первом случае произойдет формирование «зигзага» анатомической оси и костной «шишки» (*bump*) [6], а во втором — выраженная трансляция дистального фрагмента. Выполнение нескольких остеотомий позволит устранить указанные нежелательные результаты. Рациональное количество остеотомий в конкретных случаях и оптимальные уровни для их выполнения являются предметами для дискуссий.

При реализации большинства методик коррекции МД ось промежуточного фрагмента устанавливается в соответствии с осью проксимального, а ось дистального — в соответствии с осью промежуточного фрагмента. Но данный метод может быть легко осуществлен только при наличии линейной (т.е. прямой) оси промежуточного фрагмента. Если рассматривать ось промежуточного фрагмента как среднediaфизарную линию, то в случае, когда промежуточный фрагмент (а значит, и его ось) нелинейны, реализация вышеописанного метода невозможна. Рекомендации по планированию коррекции МД, описанные D. Paley с соавторами [6] (см. рис. 2), а также алгоритм планирования трехвершинных деформаций [1] значительно сложнее реализовать в случае, когда фрагмент нелинейен. Чем более «искривленной» является кость, тем сложнее реализовать описанный способ планирования: нет рекомендаций, на сколько прямолинейных отрезков должна быть разбита кривая анатомической оси.

Диагностика деформации и предоперационное планирование — это только первые шаги при ле-

чении пациентов с МД. Анализ литературы показал, что на данный момент наиболее распространенными методами оперативного лечения МД являются одномоментная коррекция с внутренней фиксацией интрамедуллярными стержнями и постепенная коррекция с использованием ортопедических гексаподов [17, 20, 21, 38].

Одним из важнейших показателей при оценке результатов коррекции является ее точность. Однако только 11 авторов из 20 представили эти данные. При этом в одних работах точность коррекции отражена в процентах [20], в других приведены значения референтных линий и углов [17, 21, 26, 27, 30, 32, 33, 37, 38]. Все это создает сложности для объективной оценки эффективности используемых методов.

Как уже было отмечено ранее, несмотря на все достоинства, одномоментная коррекция с внутренней фиксацией обладает объективными ограничениями и противопоказаниями, при наличии которых предпочтительно выполнение постепенной коррекции. Однако методики постепенной коррекции при помощи ортопедических гексаподов также обладают недостатками. Так, при одновременном использовании нескольких гексаподов конструкция оказывается избыточно тяжелой и громоздкой, что усугубляет для пациента неудобства, связанные с наличием аппарата внешней фиксации. Увеличиваются трудозатраты: врачу необходимо выполнить несколько изолированных расчетов в компьютерной программе, а в процессе коррекции — производить изменение не 6, а 12 или, при трехвершинных деформациях, 18 страт. Также возрастает экономическая нагрузка на учреждение, поскольку для реализации методики необходимо большее количество ортопедических гексаподов.

При последовательной коррекции с использованием одного гексапода всегда стоит выбор, с какой вершины необходимо начать коррекцию, и также необходимо два отдельных расчета. Период коррекции возрастает, увеличиваясь прямо пропорционально количеству вершин деформации (см. табл. 2). Возможна преждевременная консолидация на уровне вершины, «ожидающей» коррекцию [20].

«Пружинная техника» призвана устранить недостатки обеих методик. Данная техника предполагает использование всего одного гексапода, что комфортнее и для врача, и для пациента, а коррекция производится одновременно на уровне нескольких вершин, что сокращает ее длительность. Но, несмотря на перспективность данной методики, остаются невыясненными ряд технических деталей, значимых для ее успешной реализации:

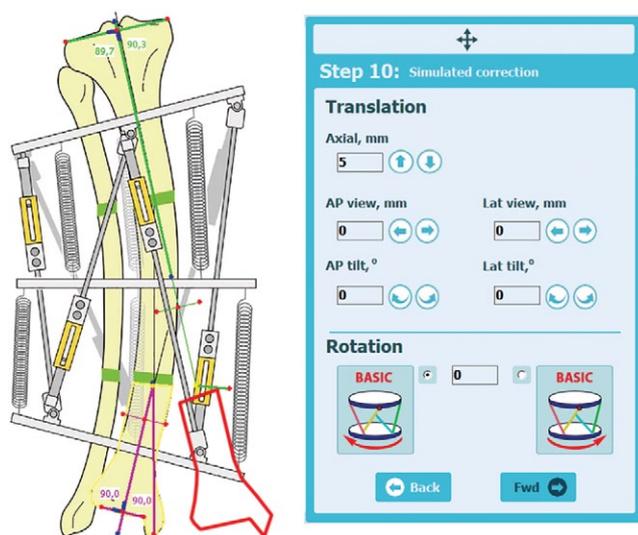
– оптимальное количество и технические характеристики эластичных тяг;

– оптимальные точки фиксации эластичных тяг к опорам;

– особенности использования компьютерной программы для ортопедического гексапода при реализации «пружинной техники».

«Пружинная техника» на этапе выполнения расчета коррекции в компьютерной программе предполагает совмещение оси дистального фрагмента с осью проксимального, игнорируя ось промежуточного фрагмента [20]. В этом случае остается неясным, как в компьютерной программе формировать «желтый контур», обозначающий исходное положение мобильного костного фрагмента: должен ли он соответствовать границам дистального фрагмента или же включать промежуточный фрагмент полностью либо частично? Еще одна функция «желтого контура» состоит в том, что с учетом его границ устанавливаются так называемые «структуры риска» (structures at risk — SAR) — точки, критически значимые для расчета программой количества дней коррекции. SAR представляют собой точку проксимального края дистального фрагмента, которая при коррекции будет подвергнута наибольшему перемещению во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

При реализации «пружинной техники» первый этап коррекции (дистракция) выполняется



**Рис. 4.** При попытке стандартного определения осей проксимального и дистального фрагментов компьютерная программа рассчитывает не плоскопараллельную дистракцию, а смещение дистального фрагмента по ширине и под углом

**Fig. 4.** When trying to identify the axes of the proximal and distal fragments by the standard method, the program calculates not the plane-parallel distraction, but the translation and angulation of the distal fragment

при помощи ортопедического гексапода на уровне одной из вершин и при помощи двуплоскостных шарниров – на уровне другой вершины [20]. При выполнении стандартного расчёта в компьютерной программе для осуществления дистракции необходимо проведение осей проксимального и дистального (мобильного) фрагментов. На основе этого, алгоритм, заложенный в программу, «подводит» ось дистального фрагмента в соответствии с осью проксимального. Потому в случае, когда одна ось не является продолжением другой, т.е. имеется угловая деформация, произойдет смещение дистального фрагмента по ширине и/или под углом (рис. 4).

«Свободное перемещение» красного контура при помощи опций программы нетехнологично и может вызвать сбой в ее работе. Поэтому методика корректного выполнения дистракции с использованием ортопедического гексапода при реализации «пружинной техники» на данный момент требует уточнения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термин «многовершинная деформация», в отличие от термина «многоуровневая деформация», априори показывает наличие у кости двух и более вершин деформации, и поэтому он должен использоваться для обозначения данной патологии. Ключевым диагностическим признаком МД является локализация точки пересечения осей проксимального и дистального фрагментов за пределами границ кости. Однако он не является абсолютным и требует уточнения. В отличие от одновершинных деформаций, при МД для планирования коррекции используются оси промежуточного(-ых) фрагментов. До настоящего времени неизвестен метод точного определения оси нелинейного промежуточного фрагмента(-ов). Остается неизвестным, как выполнять планирование коррекции МД на основе механических осей. Одномоментная коррекция МД с интрамедуллярной фиксацией и постепенная коррекция с помощью нескольких (по одному на уровне каждой ВД) ортопедических гексаподов являются наиболее часто используемыми. «Пружинная техника» имеет явные преимущества, так как позволяет использовать только один ортопедический гексапод и один расчет для коррекции МД. Однако требуется обоснование оптимальных характеристик эластичных тяг и точек их фиксации, а также уточнение метода использования компьютерной программы гексапода, а именно расчета начальной дистракции и обозначения границ перемещаемого фрагмента и «структур риска». Решение указанных задач позволит повысить эффективность лечения пациентов с МД длинных костей нижних конечностей.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Головёнкин Е.С. — поиск и анализ публикаций, написание текста статьи.

Соломин Л.Н. — разработка концепции и дизайна исследования, 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.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

Evgeniy S. Golovenkin — literature search and review, drafting the manuscript.

Leonid N. Solomin — study concept and design, data analysis and interpretation, editing the manuscript.

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]

- Paley D. *Principles of deformity correction*. New York: Springer-Verlag; 2009. p. 61-154.
- Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза при деформациях длинных костей. В кн.: *Основы чрескостного остеосинтеза*. Под ред. Л.Н. Соломина. Москва: БИНОМ; 2015. Т. 2. с. 590-735  
Solomin L.N. Basic Principles of Correction of Long-Bone Deformities. In: *The Basic Principles of External Skeletal Fixation*. Solomin L.N. (ed.). Moscow: BINOM; 2015. Vol. 2. p. 590-735. (In Russian).
- Schröter S., Elson D.W., Ateschrang A., Ihle C., Stöckle U., Dickschas J. et al. Lower Limb Deformity Analysis and the Planning of an Osteotomy. *J Knee Surg*. 2017; 30(5):393-408. doi: 10.1055/s-0037-1603503.
- Зырянов С.Я. Одновременное устранение деформаций всех сегментов нижней конечности. *Гений ортопедии*. 1995;(1):53-58.  
Zyryanov S.Ya. Simultaneous deformity correction of all segments of the lower limb. *Genij ortopedii*. 1995;(1): 53-58. (In Russian).
- Шевцов В.И., Шрейнер А.А., Смелышев К.Н., Свешников А.А., Обанина Н.Ф. Рентгенологическая картина и плотность минеральных веществ в костях голени на этапах коррекции двухуровневых деформаций аппаратом Илизарова. *Гений ортопедии*. 2000;(1):60-64.  
Shevtsov V.I., Shreiner A.A., Smelyshev K.N., Sveshnikov A.A., Obanina N.F. Roentgenologic patterns and mineral density in leg bones at the stages of correction of their two-level deformities with the Ilizarov apparatus. *Genij Ortopedii*. 2000;(1):60-64. (In Russian).
- Paley D., Herzenberg J.E., Tetsworth K., McKie J., Bhava A. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am*. 1994;25(3):425-65.
- Matsubara H., Tsuchiya H., Sakurakichi K., Watanabe K., Tomita K. Deformity correction and lengthening of lower legs with an external fixator. *Int Orthop*. 2006;30(6):550-554. doi: 10.1007/s00264-006-0133-8.
- Ganger R., Radler C., Speigner B., Grill F. Correction of post-traumatic lower limb deformities using the Taylor spatial frame. *Int Orthop*. 2010;34(5):723-730. doi: 10.1007/s00264-009-0839-5.
- Brinker M.R., O'Connor D.P. Principles of malunions. In: *Rockwood Green's fractures in adults*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2015. p. 869-894.
- Çakmak M., Civan M. Multiapical Deformities. In: *Basic Techniques for Extremity Reconstruction*. Cham: Springer, 2018. p. 285-294.
- Massobrio M., Mora R. (ed.). *Hexapod External Fixator Systems: Principles and Current Practice in Orthopaedic Surgery*. Springer International Publishing; 2021. p. 61-65; p. 133-152.
- Paley D., Tetsworth K. Mechanical axis deviation of the lower limbs. Preoperative planning of multiapical frontal plane angular and bowing deformities of the femur and tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(280):65-71.
- Tetsworth K.D., Paley D. Accuracy of correction of complex lower-extremity deformities by the Ilizarov method. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(301):102-110.
- Standard S.C., Herzenberg J.E., Conway J.D., Siddiqui N.A., McClure P.K. *The Art of Limb Alignment*. Baltimore: Rubin Institute for Advanced Orthopedics, Sinai Hospital of Baltimore; 2019. p. 77-135.
- Heijens E., Gladbach B., Pfeil J. Definition, Quantification, and Correction of Translation Deformities Using Long Leg, Frontal Plane Radiography. *J Pediatric Orthop. Part B*. 1999;8(4):285-291. doi: 10.1097/01202412-199910000-00011.
- Seide K., Faschingbauer M., Wenzl M.E., Weinrich N., Juergens C. A hexapod robot external fixator for computer assisted fracture reduction and deformity correction. *Int J Med Robot*. 2004;1(1):64-69. doi: 10.1002/rcs.6.
- Bilen F.E., Kocaoglu M., Eralp L., Balci H.I. Fixator-assisted nailing and consecutive lengthening over an intramedullary nail for the correction of tibial deformity. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(1):146-152. doi: 10.1302/0301-620X.92B1.22637.
- Galal S. Comparison of Fixator Assisted Plating versus Fixator Assisted Nailing for Distal Femoral Osteotomy. *J Limb Length Reconstr*. 2017;3(1):52-56.

19. Tsuchiya H., Uehara K., Abdel-Wanis M.E., Sakurakichi K., Kabata T., Tomita K. Deformity correction followed by lengthening with the Ilizarov method. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(402):176-183. doi: 10.1097/00003086-200209000-00016.
20. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К., Таката М., Цучия Х. Новый способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей с использованием ортопедического гексапода. *Травматология и ортопедия России.* 2017;23(3):103-109.  
Solomin L.N., Shchepkina E.A., Korchagin K.L., Sabirov F.K., Takata M., Tsuchia Kh. The New Method of Long Bone Multilevel Deformities Correction Using the Orthopedic Hexapod (Preliminary Report). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2017;23(3):103-109. (In Russian).
21. Виленский В.А., Захарьян Е.А., Зубаиров Т.Ф., Долгиев Б.Х., Толдиева Х.Б., Фомылина О.А. Лечение двухуровневых деформаций костей голени: два гексапода или один? *Современные проблемы науки и образования.* 2019;(96):141-141. doi: 10.17513/spno.29352. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29352>.  
Vilensky V.A., Zakharyan E.A., Zubairov T.F., Dolgiev B.Kh., Toldieva Kh.B., Fomylina O.A. Treatment of two-level deformities of lower leg bones: two hexapods or one? *Modern Problems of Science and Education. Surgery.* 2019;(6):141-141. doi: 10.17513/spno.29352. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29352>. (In Russian).
22. Лунева С.Н., Смелышев К.Н., Ерофеева Т.Н., Десятниченко К.С. Пролиферативная и экспрессивная активности клеток суставного хряща при устранении деформации голени в эксперименте. *Гений ортопедии.* 2000;(4):15-18.  
Luniova S.N., Smelyshev K.N., Yerofeyeva T.N., Desiatnichenko K.S. Proliferative and expressive activities of articular cartilage cells during experimental correction of leg deformity. *Genij Ortopedii.* 2000;(4):15-18. (In Russian).
23. Nicol S., Jackson M., Monsell F. Recent advances in external fixation. *Bone Joint J.* 2015;4(4):2-7. doi: 10.1302/2048-0105.42.360352.
24. Kocaoglu M., Tsuchiya H., Eralp L. (ed.). Femoral and Tibial Deformity Correction and Consecutive Lengthening over an Intramedullary Nail (FAN-LON). In: *Advanced techniques in limb reconstruction surgery.* Springer; 2015. p. 49-85.
25. Trombetti A., Al-Daghri N., Brandi M.L., Cannata-Andía J.B., Cavalier E., Chandran M. et al. Interdisciplinary management of FGF23-related phosphate wasting syndromes: a Consensus Statement on the evaluation, diagnosis and care of patients with X-linked hypophosphataemia. *Nat Rev Endocrinol.* 2022;18(6):366-384. doi: 10.1038/s41574-022-00662-x.
26. Paley D., Herzenberg J.E., Bor N. Fixator-assisted nailing of femoral and tibial deformities. *Tech Orthop.* 1997; 12(4):260-275. doi: 10.1097/00013611-199712000-00004.
27. Eralp L., Kocaoglu M., Cakmak M., Ozden V.E. A correction of windswept deformity by fixator assisted nailing. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86(7):1065-1068. doi: 10.1302/0301-620x.86b7.14923.
28. Song H.R., Soma Raju V.V., Kumar S., Lee S.H., Suh S.W., Kim J.R. et al. Deformity correction by external fixation and/or intramedullary nailing in hypophosphatemic rickets. *Acta Orthop.* 2006;77(2):307-314. doi: 10.1080/17453670610046073.
29. Eralp L., Kocaoglu M., Toker B., Balci H.I., Awad A. Comparison of fixator-assisted nailing versus circular external fixator for bone realignment of lower extremity angular deformities in rickets disease. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(5):581-589. doi: 10.1007/s00402-010-1162-8.
30. Kocaoglu M., Bilen F.E., Sen C., Eralp L., Balci H.I. Combined technique for the correction of lower-limb deformities resulting from metabolic bone disease. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(1):52-56. doi: 10.1302/0301-620X.93B1.24788.
31. Hughes A., Heidari N., Mitchell S., Livingstone J., Jackson M., Atkins R. et al. Computer hexapod-assisted orthopaedic surgery provides a predictable and safe method of femoral deformity correction. *Bone Joint J.* 2017;99-B(2):283-288. doi: 10.1302/0301-620X.99B2.BJJ-2016-0271.R1.
32. Vaidya S.V., Song H.R., Lee S.H., Suh S.W., Keny S.M., Telang S.S. Bifocal tibial corrective osteotomy with lengthening in achondroplasia: an analysis of results and complications. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(6): 788-793. doi: 10.1097/01.bpo.0000242429.83866.97.
33. Matsubara H., Tsuchiya H., Kabata T., Sakurakichi K., Watanabe K., Tomita K. Deformity correction for vitamin D-resistant hypophosphatemic rickets of adults. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(10):1137-1143. doi: 10.1007/s00402-007-0548-8.
34. Naqui S.Z., Thiryayi W., Foster A., Tselentakis G., Evans M., Day J.B. Correction of simple and complex pediatric deformities using the Taylor-Spatial Frame. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(6):640-647. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181831e99.
35. Koren L., Keren Y., Eidelman M. Multiplanar Deformities Correction Using Taylor Spatial Frame in Skeletally Immature Patients. *Open Orthop J.* 2016;10:71-79. doi: 10.2174/1874325001610010603.
36. Riganti S., Nasto L.A., Mannino S., Marrè Brunenghi G., Boero S. Correction of complex lower limb angular deformities with or without length discrepancy in children using the TL-HEX hexapod system: comparison of clinical and radiographical results. *J Pediatr Orthop B.* 2019;28(3):214-220. doi: 10.1097/BPB.0000000000000573.
37. Ray V., Popkov D., Lascombes P., Barbier D., Journeau P. Simultaneous multisegmental and multifocal corrections of complex lower limb deformities with a hexapod external fixator. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2023;109(3):103042. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103042.
38. Chaudhary M.M., Lakhani P.H. Double-level fixator-assisted nailing (DL-FAN). *Bone Joint J.* 2019;101(2):178-188. doi: 10.1302/0301-620x.101b2.bjj-2018-0622.r1.
39. Артемьев А.А., Шипулин А.А., Абросимов М.Н. Корректирующие остеотомии на уровне бедра и голени в лечении и профилактике гонартроза при варусной и вальгусной деформации. В кн.: *II Международный конгресс ассоциации ревматологов: тезисы документов.* 2018. с. 7-8. Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36811524\\_56467721.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36811524_56467721.pdf).  
Artem'ev A.A., Shipulin A.A., Abrosimov M.N. Corrective osteotomy at the level of the femur and lower leg in the treatment and prevention of gonarthrosis in varus and valgus deformity. In: *II International Congress of the Association of Rheumo-Orthopedists.* 2018. p. 7-8. Available from: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36811524\\_56467721.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36811524_56467721.pdf). (In Russian).

40. Manner H.M., Huebl M., Radler C., Ganger R., Petje G., Grill F. Accuracy of complex lower-limb deformity correction with external fixation: a comparison of the Taylor Spatial Frame with the Ilizarov ring fixator. *J Child Orthop.* 2007;1(1):55-61. doi: 10.1007/s11832-006-0005-1.
41. Donnan L.T., Saleh M., Rigby A.S. Acute correction of lower limb deformity and simultaneous lengthening with a monolateral fixator. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(2):254-260. doi:10.1302/0301-620x.85b2.12645.
42. Аранович А.М., Стогов М.В., Гасанова А.Г., Коркин А.Я. Состояние минерального обмена у детей с фосфат-диабетом при коррекции деформаций нижних конечностей методом Илизарова. *Гений ортопедии.* 2011(1):71-74.
- Аранович А.М., Стогов М.В., Гасанова А.Г., Коркин А.Я. Mineral metabolism condition in children with phosphate diabetes for correction of lower limb deformities by the Ilizarov method. *Genij Ortopedii.* 2011(1):71-74. (In Russian).
43. Mayer S.W., Hubbard E.W., Sun D., Lark R.K., Fitch R.D. Gradual Deformity Correction in Blount Disease. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(5):257-262. doi: 10.1097/BPO.0000000000000920.
44. Lu Y., Li J., Qiao F., Xu Z., Zhang B., Jia B. et al. Correction of severe lower extremity deformity with digital hexapod external fixator based on CT data. *Eur J Med Res.* 2022;27(1):252. doi: 10.1186/s40001-022-00887-6.
45. Dammerer D., Kirschbichler K., Donnan L., Kaufmann G., Krismer M., Biedermann R. Clinical value of the Taylor Spatial Frame: a comparison with the Ilizarov and Orthofix fixators. *J Child Orthop.* 2011;5(5):343-349. doi: 10.1007/s11832-011-0361-3.
46. Hasler C.C., Krieg A.H. Current concepts of leg lengthening. *J Child Orthop.* 2012;6(2):89-104. doi: 10.1007/s11832-012-0391-5.
47. Keshet D., Eidelman M. Clinical utility of the Taylor spatial frame for limb deformities. *Orthop Res Rev.* 2017;9:51-61. doi: 10.2147/ORR.S113420.

#### Сведения об авторах

✉ Головёнкин Евгений Сергеевич

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

ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0001-7064-5689>

e-mail: [golovenkin\\_1996@mail.ru](mailto:golovenkin_1996@mail.ru)

Соломин Леонид Николаевич — д-р мед. наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>

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

#### Authors' information

✉ Evgeniy S. Golovenkin

Address: 8, Akademika Baykova str., St. Petersburg,

195427, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-7064-5689>

e-mail: [golovenkin\\_1996@mail.ru](mailto:golovenkin_1996@mail.ru)

Leonid N. Solomin — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>

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



## Значение инфрапателлярной жировой ткани в патогенезе остеоартрита коленного сустава: обзор зарубежной литературы

Ю.С. Корнева<sup>1,2</sup>, М.Б. Борисенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

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

### Реферат

Остеоартрит (ОА) является одним из самых распространенных заболеваний суставов среди взрослого населения. В настоящее время доказана роль вялотекущего воспаления и преобладания катаболических цитокинов над анаболическими при ОА. Доказано влияние ожирения на развитие ОА посредством выделения жировой тканью воспалительных медиаторов. Потенциальным донатором провоспалительных цитокинов, и в том числе специфических провоспалительных цитокинов жировой ткани — адипокинов, является инфрапателлярная жировая ткань (жировое тело Гоффа). У здорового человека инфрапателлярная жировая ткань участвует в распределении механической нагрузки на сустав и метаболизме синовиальной жидкости. Инфильтрация инфрапателлярной жировой ткани макрофагами и лимфоцитами способствует не только выработке провоспалительных цитокинов, обладающих хондролитическими свойствами, но и поддержанию хронического воспаления в синовиальной оболочке, суставном хряще и субхондральной кости. Морфологические изменения в жировом теле Гоффа могут являться как индикатором воспалительного процесса в суставной полости, так и предиктором патологических изменений в суставе. Среди гистологических изменений для течения ОА важными являются инфильтрация макрофагами и лимфоцитами, фиброз, утолщение междольковых перегородок, уменьшение размеров жировых долек и адипоцитов и усиление васкуляризации. Морфологические изменения можно оценивать при помощи неинвазивного метода визуализации — магнитно-резонансной томографии, благодаря которой можно оценить наличие и выраженность синовита, утолщение синовиальной оболочки, отек, утолщение междольковых перегородок, уменьшение объема жирового тела Гоффа. Гистологические и томографические признаки потенциально могут быть использованы для оценки степени тяжести ОА и составления прогностических шкал. Инфрапателлярная жировая ткань также является источником мезенхимальных стволовых клеток, фенотипически сходных с хондроцитами, которые могут быть использованы для регенерации хрящевой ткани сустава при минимально инвазивном вмешательстве для их получения.

**Ключевые слова:** инфрапателлярная жировая ткань, жировое тело Гоффа, остеоартрит коленного сустава, адипокины, коленный сустав, синовиальная оболочка, магнитно-резонансная томография.

**Для цитирования:** Корнева Ю.С., Борисенко М.Б. Значение инфрапателлярной жировой ткани в патогенезе остеоартрита коленного сустава: обзор зарубежной литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):147-155. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15999>.

Корнева Юлия Сергеевна; e-mail: [ksu1546@yandex.ru](mailto:ksu1546@yandex.ru)

Рукопись получена: 25.09.2023. Рукопись одобрена: 23.11.2023. Статья опубликована онлайн: 01.12.2023.

© Корнева Ю.С., Борисенко М.Б., 2023



## Role of Infrapatellar Fat Tissue in the Pathogenesis of Knee Osteoarthritis: A Review

Yulia S. Korneva<sup>1,2</sup>, Marina B. Borisenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

### Abstract

Osteoarthritis (OA) is one of the most common joint diseases in the adult population. The role of indolent inflammation and predominance of catabolic cytokines over anabolic ones in OA has now been proven. The influence of obesity on the development of OA by releasing inflammatory mediators by fat tissue has been confirmed. Infrapatellar fat tissue (Hoffa's fat pad) is a potential donor of proinflammatory cytokines, including specific fat tissue proinflammatory cytokines - adipokines. In a healthy person, infrapatellar fat tissue contributes to the distribution of mechanical load on the joint and metabolism of the synovial fluid. Infiltration of infrapatellar fat tissue by macrophages and lymphocytes leads not only to the production of proinflammatory cytokines with chondrolytic properties, but also to the maintenance of chronic inflammation in the synovial membrane, articular cartilage, and subchondral bone. Morphologic changes in Hoffa's fat pad can be both an indicator of the inflammatory process in the joint cavity and a predictor of pathologic changes of the joint. Among histological changes, infiltration with macrophages and lymphocytes, fibrosis, thickening of the interlobular septa, reduction in the size of fat lobules and adipocytes, and increased vascularization are important for the course of OA. Morphologic changes can be assessed using a non-invasive method - magnetic resonance imaging, which makes it possible to evaluate the presence and severity of synovitis, thickening of the synovial membrane, edema, thickening of the interlobular septa, and a decrease in the volume of Hoffa's fat pad. Histologic and tomographic signs can potentially be used to assess the severity of OA and develop prognostic scales. Infrapatellar fat tissue is also a source of mesenchymal stem cells phenotypically similar to chondrocytes, which can be used for regeneration of joint cartilage tissue with minimally invasive intervention to harvest them.

**Key words:** infrapatellar fat tissue, Hoffa's fat pad, knee osteoarthritis, adipokines, knee joint, synovial membrane, magnetic resonance imaging.

**Cite as:** Korneva Yu.S., Borisenko M.B. Role of Infrapatellar Fat Tissue in the Pathogenesis of Knee Osteoarthritis: A Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):147-155. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-15999>.

✉ Yulia S. Korneva; e-mail: [ksu1546@yandex.ru](mailto:ksu1546@yandex.ru)

Submitted: 25.09.2023. Accepted: 23.11.2023. Published Online: 01.12.2023.

© Korneva Yu.S., Borisenko M.B., 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит (ОА) является самым распространенным заболеванием суставов среди взрослого населения, а также частой причиной инвалидизации [1]: 8,9% населения имеют клинически значимые проявления этого заболевания [2], при этом наиболее часто поражается коленный сустав — у 6% [2]. Парадигма патогенеза ОА поменялась от представления о банальной деструкции суставного хряща вследствие травмы или привычного изнашивания с возрастом в сторону восприятия ОА как заболевания всего сустава, характеризующегося частичной утратой хряща, утолщением синовиальной оболочки, склерозом субхондральной кости и образованием остеофитов, а также изменениями в структуре суставов, связок и окружающих мышцах [3]. Отсутствие эффективных методов лечения и профилактики при возрастающей частоте встречаемости диктует необходимость поиска новых факторов, участвующих в становлении и прогрессировании ОА. В настоящее время существует несколько вариантов обоснования его патогенеза, однако общепризнанно, что главную роль в развитии данного заболевания играют вялотекущее воспаление и дисбаланс катаболических и анаболических цитокинов [4]. Ожирение вместе с метаболическим синдромом связаны с развитием провоспалительного состояния в организме за счет высвобождения цитокинов, которые запускают изменения в метаболизме хрящевой ткани [5, 6 7]. Известно, что жировая ткань продуцирует большое количество катаболических цитокинов (адипокинов), таких как адипонектин, лептин, резистин, хемерин, IL-6 и TNF- $\alpha$  [8]. Однако, помимо метаболической активности висцеральной жировой ткани, нельзя исключать влияние инфрапателлярной жировой ткани (жирового тела Гоффа) на развитие ОА коленного сустава [9], изучение которого является целью данного обзора.

### Структурно-функциональная характеристика инфрапателлярной жировой ткани

Жировое тело Гоффа представляет собой скопление жировой ткани, расположенное под капсулой коленного сустава в непосредственной близости от синовиальной оболочки, то есть является внутрисуставным и внесиновиальным включением, покрытым синовиальной оболочкой [10]. Спереди оно ограничено нижней поверхностью надколенника и его связкой, сзади к ней прилегает синовиальная оболочка коленного сустава, передние рога менисков, мышелки и межмышцелковая вырезка бедренной кости [11, 12]. В норме инфрапателлярная жировая ткань — это белая жировая ткань, клетки которой содержат одну большую каплю жира, окруженную ободком цитоплазмы с оттесненным на периферию ядром, что является ее осо-

бенностью. Жировое тело Гоффа сформировано в виде крупных долек, которые разделены тонкими соединительнотканными перегородками из коллагена I и III типов [13], который встроен в аморфное основное вещество, содержащее гликозаминогликаны. При этом процентное соотношение соединительной ткани здесь выше по сравнению с висцеральной жировой тканью, что связано с механической нагрузкой, которой подвержено жировое тело Гоффа [14, 15]. Его можно разделить на две части — наружную и внутреннюю [10]. Внутренняя часть — это сердцевина прокладки с твердой, похожей на подушку, жировой тканью, обладающая амортизирующими свойствами, в то время как внешняя представляет собой мягкую жировую ткань, окружающую внутреннюю часть. Периферия жирового тела Гоффа хорошо васкуляризирована, центр васкуляризован слабо; кровоснабжение осуществляется посредством артериальной сети, сформированной верхней и нижней коленными артериями, соединенными тремя горизонтальными анастомозами [15]. Инфрапателлярная жировая ткань имеет лимфатические сосуды, а также богато иннервирована и содержит значительное количество субстанции P, которая высвобождается из первичных афферентных нервных окончаний и играет важную роль при хроническом воспалении, что во многом определяет развитие болевого синдрома при ОА [16]. Переднемедиальная ее часть иннервируется ветвями подкожного, большеберцового и запирательного нервов и нервом широкой медиальной мышцы, в то время как переднебоковая часть снабжается ветвями от нерва широкой латеральной мышцы, а также большеберцовым, возвратным малоберцовым и общим малоберцовым нервами [10].

Считается, что основной функцией жирового тела Гоффа является распределение механической нагрузки на сустав [14]. Помимо этого оно может участвовать в секреции и распределении синовиальной жидкости и стабилизации надколенника [14, 15, 17]. Тесная анатомическая связь инфрапателлярной жировой ткани и синовиальной оболочки позволяет выделить эти два образования в структурно-функциональную единицу коленного сустава [18].

### Роль инфрапателлярной жировой ткани в патогенезе остеоартрита коленного сустава

Инфильтрация жировой ткани любой локализации макрофагами 1 и 2 типов [3] и лимфоцитами [19] запускает выделение многочисленных провоспалительных медиаторов, которые активируют деструктивные процессы в суставном хряще [17, 20, 21], что является одним из ключевых звеньев патогенеза ОА и сопровождается в дальнейшем

воспалением в синовиальной оболочке, суставном хряще и субхондральной кости. Это дополнительно стимулирует хондролитический эффект за счет ингибирования синтеза протеогликанов в хондроцитах человека и активации выработки катаболических молекул и провоспалительных цитокинов уже непосредственно хондроцитами [22]. Инфрапателлярная жировая ткань, способная выделять такие адипокины, как адипонектин, адипсин, лептин, резистин и висфатин, является паракринным источником факторов роста и цитокинов для синовиальной оболочки коленного сустава [5]. При этом количество провоспалительных цитокинов, секретируемых инфрапателлярной жировой тканью, коррелирует с системным воспалением в подкожно-жировой клетчатке при метаболическом синдроме [23]. Однако их локальная секреция в суставе значительно превышает таковую в подкожно-жировой клетчатке [13].

Лептин способствует пролиферации остеобластов и гипертрофии хондроцитов, выработке остеокальцина, который стимулирует эндохондральное окостенение и образование остеофитов, характерных для ОА [24]. Также лептин стимулирует продукцию хондроцитами матричных металлопротеиназ 1-го и 3-го типов, простагландина E, NO, IL-6 и IL-8, что приводит к разрушению хряща [25]. Кроме того, IL-6 подавляет синтез коллагена II типа, усиливает опосредованную IL-1 $\beta$  дегенерацию протеогликанов и индуцирует выделение различных металлопротеиназ, включая ADAMTS (A-дезинтегрин и металлопротеиназы, содержащие мотив тромбоспондина), которые вносят дополнительный вклад в дегенерацию хряща [13, 26]. Механизм действия резистина при ОА окончательно не установлен, считается, что он способен усиливать выработку хондроцитами таких провоспалительных цитокинов, как IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-8, CCL2, CCL3, CCL4 и TNF- $\alpha$  [27]. Адипонектин является противовоспалительным цитокином, который стимулирует выработку макрофагами 2-го типа другого противовоспалительного цитокина IL-10 [25].

Воспалительная инфильтрация инфрапателлярной жировой ткани способствует возникновению болевого синдрома за счет выделения нервными окончаниями вещества P и пептида, связанного с геном кальцитонина (CGRP), которые участвуют в образовании болевых импульсов в периферической нервной системе и дополнительно могут стимулировать продукцию провоспалительных цитокинов IL-1 $\beta$ , IL-6 и IL-8 различными типами клеток [13].

Механическая нестабильность при ОА вызывает клеточную и молекулярную реакцию в субхондральном слое кости, активирующую неоваскуляризацию и воспаление. Впоследствии на

поздних стадиях ОА развиваются кисты субхондральной кости, а также остеофиты и склероз. Поврежденные остеобласты экспрессируют высокие уровни провоспалительных цитокинов и факторов роста, которые вовлекают иммунные клетки и клетки-предшественники, запуская склероз и ремоделирование кости. Склероз может усиливаться под воздействием активированных макрофагов, которые в большом количестве содержатся в жировом теле Гоффа [24].

Роль инфрапателлярной жировой ткани в патогенезе ОА коленного сустава подтверждена в эксперименте с его удалением у морских свинок, что приводило к формированию в суставе соединительной ткани, уменьшению содержания провоспалительных медиаторов, адипокинов, снижению частоты формирования остеофитов и дегенеративных изменений хряща по данным микро-КТ, гистологического, иммуногистохимического и биомеханического исследований [23]. Предполагается, что инъекции глюкокортикостероидов в жировое тело Гоффа (вне полости сустава) могут уменьшать воспаление и облегчать клиническое течение ОА, оказывая противовоспалительный эффект, учитывая паракринное влияние инфрапателлярной жировой ткани на синовиальную оболочку, предупреждая неблагоприятное влияние глюкокортикостероидов на сам хрящ и субхондральную кость [28].

#### **Морфологические изменения инфрапателлярной жировой ткани и их прогностическое значение для течения остеоартрита коленного сустава**

Характерными морфологическими изменениями инфрапателлярной жировой ткани у пациентов с ОА коленного сустава являются ее инфильтрация лимфоцитами, макрофагами и тучными клетками [20], развитие фиброза с утолщением междольковых перегородок, уменьшение размеров жировых долек и размеров адипоцитов, а также усиление васкуляризации [12, 29].

Макрофаги M1 инфрапателлярной ткани, T- и B-лимфоциты выделяют провоспалительные цитокины и стимулируют пролиферацию и дифференцировку фибробластов, синтез коллагена, вызывая фиброзирование синовиальной оболочки и связок коленного сустава, что делает их более плотными и ригидными [24]. Предполагают, что макрофаги жирового тела Гоффа также участвуют в формировании субхондрального склероза: они продуцируют большое количество провоспалительных медиаторов, включая TGF- $\beta$ , который способствует образованию остеофитов и склерозу субхондральной кости по мере прогрессирования ОА [24]. Фиброз инфрапателлярной жировой ткани запускается за счет повышения количества цито-

кинов, способствующих пролиферации и созреванию фибробластов в зоне воспаления, таких как IL-6, IL-8, простагландина F2a и фактора некроза опухоли- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), фактора роста фибробластов- $\beta$  (FGF- $\beta$ ). При увеличении объема интрапателлярной жировой ткани у пациентов с ожирением возникает ее гипоксия, которая также индуцирует развитие фиброза под влиянием фактора, индуцируемого гипоксией-1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ), активирующего пролиферацию фибробластов [30]. Появление фиброза сопровождается усилением секреции таких молекул, как фактор роста эндотелия сосудов (VEGF) и фактор роста соединительной ткани (CTGF), фибробластами [12, 31] и снижением эффективности механической защиты сустава за счет повышения жесткости жировой подушки [12, 13, 32]. При моделировании химически индуцированного фиброза интрапателлярной жировой ткани его выраженность коррелировала с выраженностью дегенерации хряща и болевого синдрома [22].

Инфильтрация жировой ткани макрофагами 1-го и 2-го типов, лимфоцитами и тучными клетками с последующей секрецией провоспалительных цитокинов вызывает отек и нарушает способность интрапателлярной жировой ткани ослаблять механическое воздействие и гравитационную нагрузку на сустав во время движения, что усиливает его механическое повреждение [13]. Клетки воспалительного инфильтрата также взаимодействуют с резидентными макрофагами и адипоцитами [22]. Известно, что адипоциты, полученные из интрапателлярной жировой ткани, могут регулировать проникновение макрофагов и CD4+ T-клеток в синовиальную оболочку за счет выделения липидов [5, 11, 13]. Свободные жирные кислоты, обнаруженные в кондиционированной среде, полученной из адипоцитов жирового тела Гоффа, усиливают пролиферацию CD4+ T-клеток и их способность продуцировать интерферон- $\gamma$ , а также могут снижать секрецию цитокина IL-12p40 макрофагами [5]. Наличие провоспалительных макрофагов типа M1 в жировом теле Гоффа способствует появлению в синовиальной оболочке сустава субпопуляции Th1 T-лимфоцитов, макрофагов, B-лимфоцитов и тучных клеток, продукции матриксных металлопротеиназ и дегенерации хрящевой ткани. Смена фенотипа макрофагов на противовоспалительный M2 подавляет секрецию провоспалительных цитокинов [13, 25], сменяя их на противовоспалительные медиаторы (аргиназу 1, антагонист рецептора IL-1, IL-10) и направляет дифференцировку лимфоцитов в сторону Th2 — все это запускает репаративные процессы [13].

Повышение уровня VEGF в ткани жирового тела Гоффа также наблюдается при ОА, что положительно коррелирует с васкуляризацией синовиаль-

ной оболочки, обеспечивая поступление клеток, формирующих воспалительный инфильтрат, и прогрессирование воспалительного процесса [13]. Наличие лимфоцитарной инфильтрации и усиление васкуляризации наблюдаются одновременно и в синовиальной оболочке, и в интрапателлярной жировой ткани, что может свидетельствовать о формировании порочного круга, поддерживающего персистирующее воспаление [24].

Также для ОА характерно увеличение количества тучных клеток в интрапателлярной жировой ткани. Тучные клетки продуцируют фермент триптазу, активируя матриксные металлопротеиназы типов 3 и 13, эффекты которых были упомянуты выше [13, 32].

Таким образом, гистологическое исследование интрапателлярной жировой ткани с оценкой совокупности морфометрических показателей может со временем стать основой для оценки степени тяжести ОА либо создания прогностических шкал.

#### **Выявление изменений интрапателлярной жировой ткани с помощью методов визуализации и их прогностическое значение**

Морфологические изменения интрапателлярной жировой ткани могут быть зафиксированы на МРТ и стать прогностическими факторами для оценки риска развития ОА и его прогрессирования [33, 34].

Синовит и утолщение синовиальной оболочки относятся к наиболее типичным для ОА МРТ-признакам [28], которые сочетаются с воспалительными изменениями в интрапателлярной жировой ткани в виде отека и утолщения междольковых перегородок [35]. Жировое тело Гоффа также претерпевает изменения: на поздних стадиях ОА наблюдается уменьшение его объема, площади поверхности, усиление гипоинтенсивного сигнала МРТ, что свидетельствует о фиброзировании [14]. Изменения, определяемые при МРТ-исследовании интрапателлярной жировой ткани, могут быть использованы для формирования клинической системы оценки риска развития и прогрессирования ОА на основе обработки 3D-изображений МРТ в совокупности с анализом клинических данных: пола, возраста, индекса массы тела, травм и хирургических вмешательств в анамнезе [34, 35]. На данный момент существует полуколичественная система оценки изменения интенсивности МР-сигнала интрапателлярной жировой ткани с помощью шкалы MR Imaging Osteoarthritis Knee Score (MOAKS) с оценкой такого параметра, как синовит Гоффа, который характеризует интенсивность сигнала и может принимать значения от 0 до 3 [36]. В исследовании K. Yu с соавторами показана прогностическая ценность исследования изменений интрапателлярной жировой ткани, ко-

торые могут предсказать наличие ОА еще до клинической постановки диагноза [34]. Результаты исследования Н. Тап с соавторами демонстрируют связь между появлением гиперинтенсивных областей в инфрапателлярной жировой ткани, визуализируемых при помощи системы изображений с протонной взвешенной плотностью (PdWI), с выраженностью болевых ощущений у пациентов с ОА [37].

Сравнение результатов исследований для однозначного суждения о возможности использования структурных изменений в инфрапателлярной жировой ткани в качестве предиктора развития ОА затруднительно, поскольку применяются различные методы визуализации, а также разные методологические подходы, используемые для измерения на МРТ-снимках площади, объема и интенсивности сигнала [33].

### **Возможность использования инфрапателлярной жировой ткани в тканевой инженерии**

Было установлено, что человеческие мезенхимальные стволовые клетки (МСК) являются мультипотентными и могут быть выделены из различных тканей взрослого человека, таких как костный мозг, жировая ткань и пуповинная кровь. Доказано, что МСК из инфрапателлярной жировой ткани обладают значительным хондрогенным потенциалом и могут стать клинически приемлемым источником хондропрогениторных клеток [38]. Установлено, что их внутрисуставное введение улучшает клиническое течение ОА коленного сустава [39], тем более, что процедура получения МСК из жировой ткани менее инвазивна по сравнению с их получением из костного мозга, а МСК, полученные из внутрисуставных тканей сустава, более фенотипически сходны с хондроцитами [40]. Кроме того, L. Luo с соавторами продемонстрировали, что стволовые клетки, полученные из инфрапателлярной жировой ткани, могут формировать пространственный состав, имитирующий структуру нативного суставного хряща [41]. Культивирование МСК из инфрапателлярной жировой ткани на механически стабильной биоразлагаемой полимерной пленке в течение 28 дней приводило к образованию ткани, богатой сульфатированным гликозаминогликаном и коллагеном, которая потенциально может быть имплантирована в места

дефектов в качестве потенциального средства для регенерации дефектов хряща [42]. Основным ограничением хрящевых конструкций на основе МСК является индукция гипертрофического фенотипа во время дифференцировки *in vivo*, что приводит к эндохондральному окостенению. Однако через 8 нед. после внедрения гибридных структур, в которых МСК из инфрапателлярной жировой ткани и суставные хондроциты культивировались совместно, минерализация хряща была снижена, и фенотип был стабильным [43]. МСК инфрапателлярной жировой ткани могут накапливать большое количество гликозаминогликанов на агарозных гелях суставного хряща, тем самым улучшая механические свойства тканеинженерных конструкций суставных поверхностей [44]. Введение экзосом, полученных из МСК инфрапателлярной жировой ткани, уменьшает тяжесть течения ОА *in vivo* и ингибирует апоптоз хондроцитов, усиливает синтез матрикса и снижает экспрессию катаболических факторов *in vitro*. Механизм может быть связан с MiR100-5p-регулируемым ингибированием mTOR-пути аутофагии, что делает применение экзосом перспективным вариантом лечения ОА в будущем [45].

Таким образом, благодаря своему расположению, минимальной инвазивности получения и хондрогенному потенциалу МСК из инфрапателлярной жировой ткани могут быть использованы для лечения ОА для восстановления поврежденно хряща.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящее время инфрапателлярная жировая ткань привлекает к себе все больше внимания исследователей, занимающихся проблемой остеоартрита коленного сустава, ввиду ее разнонаправленного участия в становлении и прогрессировании данного заболевания. По данным литературы, существует теоретическая возможность использования морфологических и радиологических изменений ее структуры в качестве предиктора развития остеоартрита, что позволит обеспечить своевременную профилактику, а также стадировать процесс. Мезенхимальные стволовые клетки инфрапателлярной жировой ткани и продукты их метаболизма (экзосомы) являются перспективными в отношении замедления прогрессирования остеоартрита коленного сустава.

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

*Корнева Ю.С.* — концепция обзора, редактирование текста статьи.

*Борисенко М.Б.* — поиск и анализ источников литературы, 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**

*Korneva Yu.S.* — concept formulation of review, drafting the article.

*Borisenko M.B.* — literature search and analysis, 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]**

- Cross M., Smith E., Hoy D., Nolte S., Ackerman I., Fransen M. et al. The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the global burden of disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014;73(7):1323-1330. doi: 10.1136/annrheumdis-2013-204763.
- Michael J.W., Schlüter-Brust K.U., Eysel P. The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int.* 2010;107(9):152-162. doi: 10.3238/arztebl.2010.0152.
- Li Z., Huang Z., Bai L. Cell Interplay in Osteoarthritis. *Front Cell Dev Biol.* 2021;9:720477. doi: 10.3389/fcell.2021.720477.
- Molnar V., Matišić V., Kodvanj I., Bjelica R., Jeleč Ž., Hudetz D. et al. Cytokines and Chemokines Involved in Osteoarthritis Pathogenesis. *Int J Mol Sci.* 2021;22(17):9208. doi: 10.3390/ijms22179208.
- Klein-Wieringa I.R., Kloppenburg M., Bastiaansen-Jenniskens Y.M., Yusuf E., Kwekkeboom J.C., El-Bannoudi H. et al. The infrapatellar fat pad of patients with osteoarthritis has an inflammatory phenotype. *Ann Rheum Dis.* 2011;70(5):851-857. doi: 10.1136/ard.2010.140046.
- Nedunchezhiyan U., Varughese I., Sun A.R., Wu X., Crawford R., Prasadam I. Obesity, Inflammation, and Immune System in Osteoarthritis. *Front Immunol.* 2022;13:907750. doi: 10.3389/fimmu.2022.907750.
- Cajas Santana L.J., Rondón Herrera F., Rojas A.P., Martínez Lozano D.J., Prieto N., Bohorquez Castañeda M. Serum chemerin in a cohort of Colombian patients with primary osteoarthritis. *Reumatol Clin (Engl Ed).* 2021;17(9):530-535. doi: 10.1016/j.reuma.2020.05.003.
- Xie C., Chen Q. Adipokines: New Therapeutic Target for Osteoarthritis? *Curr Rheumatol Rep.* 2019;21(12):71. doi: 10.1007/s11926-019-0868-z.
- Zapata-Linares N., Eymard F., Berenbaum F., Houard X. Role of adipose tissues in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol.* 2021;33(1):84-93. doi: 10.1097/BOR.0000000000000763.
- Jiang L.F., Fang J.H., Wu L.D. Role of infrapatellar fat pad in pathological process of knee osteoarthritis: Future applications in treatment. *World J Clin Cases.* 2019;7(16):2134-2142. doi: 10.12998/wjcc.v7.i16.2134.
- Ioan-Facsinay A., Kloppenburg M. An emerging player in knee osteoarthritis: the infrapatellar fat pad. *Arthritis Res Ther.* 2013;15(6):225. doi: 10.1186/ar4422.
- Zeng N., Yan Z.P., Chen X.Y., Ni G.X. Infrapatellar Fat Pad and Knee Osteoarthritis. *Aging Dis.* 2020;11(5):1317-1328. doi: 10.14336/AD.2019.1116.
- Braun S., Zaucke F., Brenneis M., Rapp A.E., Pollinger P., Sohn R. et al. The Corpus Adiposum Infrapatellare (Hoffa's Fat Pad)-The Role of the Infrapatellar Fat Pad in Osteoarthritis Pathogenesis. *Biomedicines.* 2022;10(5):1071. doi: 10.3390/biomedicines10051071.
- Fontanella C.G., Belluzzi E., Pozzuoli A., Favero M., Ruggieri P., Macchi V. et al. Mechanical behavior of infrapatellar fat pad of patients affected by osteoarthritis. *J Biomech.* 2022;131:110931. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110931.
- Macchi V., Stocco E., Stecco C., Belluzzi E., Favero M., Porzionato A. et al. The infrapatellar fat pad and the synovial membrane: an anatomo-functional unit. *J Anat.* 2018;233(2):146-154. doi: 10.1111/joa.12820.
- Bohnsack M., Meier F., Walter G.F., Hurschler C., Schmolke S., Wirth C.J. et al. Distribution of substance-P nerves inside the infrapatellar fat pad and the adjacent synovial tissue: a neurohistological approach to anterior knee pain syndrome. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2005;125(9):592-597. doi: 10.1007/s00402-005-0796-4.
- He J., Ba H., Feng J., Peng C., Liao Y., Li L. et al. Increased signal intensity, not volume variation of infrapatellar fat pad in knee osteoarthritis: A cross-sectional study based on high-resolution magnetic resonance imaging. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2022;30(1): 10225536221092215. doi: 10.1177/10225536221092215.

18. Emmi A., Stocco E., Boscolo-Berto R., Contran M., Belluzzi E., Favero M. et al. Infrapatellar Fat Pad-Synovial Membrane Anatomofunctional Unit: Microscopic Basis for Piezo1/2 Mechanosensors Involvement in Osteoarthritis Pain. *Front Cell Dev Biol.* 2022;10:886604. doi: 10.3389/fcell.2022.886604.
19. Belluzzi E., Macchi V., Fontanella C.G., Carniel E.L., Olivotto E., Filardo G. et al. Infrapatellar Fat Pad Gene Expression and Protein Production in Patients with and without Osteoarthritis. *Int J Mol Sci.* 2020;21(17):6016. doi: 10.3390/ijms21176016.
20. Eymard F., Chevalier X. Inflammation of the infrapatellar fat pad. *Joint Bone Spine.* 2016;83(4):389-393. doi: 10.1016/j.jbspin.2016.02.016.
21. Christoforakis Z., Dermitzaki E., Paflioti E., Katrinaki M., Deiktakis M., Tosounidis T.H. et al. Correlation of systemic metabolic inflammation with knee osteoarthritis. *Hormones (Athens).* 2022;21(3):457-466. doi: 10.1007/s42000-022-00381-y.
22. An J.S., Tsuji K., Onuma H., Araya N., Isono M., Hoshino T. et al. Inhibition of fibrotic changes in infrapatellar fat pad alleviates persistent pain and articular cartilage degeneration in monoiodoacetic acid-induced rat arthritis model. *Osteoarthritis Cartilage.* 2021;29(3):380-388. doi: 10.1016/j.joca.2020.12.014.
23. Afzali M.F., Radakovich L.B., Sykes M.M., Campbell M.A., Patton K.M., Sanford J.L. et al. Early removal of the infrapatellar fat pad/synovium complex beneficially alters the pathogenesis of moderate stage idiopathic knee osteoarthritis in male Dunkin Hartley guinea pigs. *Arthritis Res Ther.* 2022;24(1):282. doi: 10.1186/s13075-022-02971-y.
24. Zhou S., Maleitzke T., Geissler S., Hildebrandt A., Fleckenstein F.N., Niemann M. et al. Source and hub of inflammation: The infrapatellar fat pad and its interactions with articular tissues during knee osteoarthritis. *J Orthop Res.* 2022;40(7):1492-1504. doi: 10.1002/jor.25347.
25. Greif D.N., Kouroupis D., Murdock C.J., Griswold A.J., Kaplan L.D., Best T.M. et al. Infrapatellar Fat Pad/Synovium Complex in Early-Stage Knee Osteoarthritis: Potential New Target and Source of Therapeutic Mesenchymal Stem/Stromal Cells. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020;8:860. doi: 10.3389/fbioe.2020.00860.
26. Wiegertjes R., van de Loo F.A.J., Blaney Davidson E.N. A roadmap to target interleukin-6 in osteoarthritis. *Rheumatology (Oxford).* 2020;59(10):2681-2694. doi: 10.1093/rheumatology/keaa248.
27. Zhang Z., Xing X., Hensley G., Chang L.W., Liao W., Abu-Amer Y. et al. Resistin induces expression of proinflammatory cytokines and chemokines in human articular chondrocytes via transcription and messenger RNA stabilization. *Arthritis Rheum.* 2010;62(7):1993-2003. doi: 10.1002/art.27473.
28. Zhang Y., Ruan G., Zheng P., Huang S., Zhou X., Liu X. et al. Efficacy and safety of Glucocorticoid injections into Infrapatellar fat pad in patients with knee osteoarthritis: protocol for the GLITTERS randomized controlled trial. *Trials.* 2023;24(1):6. doi: 10.1186/s13063-022-06993-4.
29. Fontanella C.G., Belluzzi E., Pozzuoli A., Scioni M., Olivotto E., Reale D. et al. Exploring Anatomofunctional Characteristics of Infrapatellar, Suprapatellar Fat Pad, and Knee Ligaments in Osteoarthritis Compared to Post-Traumatic Lesions. *Biomedicines.* 2022;10(6):1369. doi: 10.3390/biomedicines10061369.
30. Kitagawa T., Kawahata H., Aoki M., Kudo S. Inhibitory effect of low intensity pulsed ultrasound on the fibrosis of the infrapatellar fat pad through the regulation of HIF 1 $\alpha$  in a carrageenan induced knee osteoarthritis rat model. *Biomed Rep.* 2022;17(4):79. doi: 10.3892/br.2022.1562.
31. Favero M., El-Hadi H., Belluzzi E., Granzotto M., Porzionato A., Sarasin G. et al. Infrapatellar fat pad features in osteoarthritis: a histopathological and molecular study. *Rheumatology (Oxford).* 2017;56(10):1784-1793. doi: 10.1093/rheumatology/kex287.
32. Magarinos N.J., Bryant K.J., Fosang A.J., Adachi R., Stevens R.L., McNeil H.P. Mast cell-restricted, tetramer-forming tryptases induce aggrecanolytic activity in articular cartilage by activating matrix metalloproteinase-3 and -13 zymogens. *J Immunol.* 2013;191(3):1404-1412. doi: 10.4049/jimmunol.1300856.
33. Martel-Pelletier J., Tardif G., Pelletier J.P. An Open Debate on the Morphological Measurement Methodologies of the Infrapatellar Fat Pad to Determine Its Association with the Osteoarthritis Process. *Curr Rheumatol Rep.* 2022;24(3):76-80. doi: 10.1007/s11926-022-01057-7.
34. Yu K., Ying J., Zhao T., Lei L., Zhong L., Hu J. et al. Prediction model for knee osteoarthritis using magnetic resonance-based radiomic features from the infrapatellar fat pad: data from the osteoarthritis initiative. *Quant Imaging Med Surg.* 2023;13(1):352-369. doi: 10.21037/qims-22-368.
35. Fischer M.A. From Morphology to Biomarker: Quantitative Texture Analysis of the Infrapatellar Fat Pad Reliably Predicts Knee Osteoarthritis. *Radiology.* 2022;304(3):622-623. doi: 10.1148/radiol.221094.
36. Hunter D.J., Guermazi A., Lo G.H., Grainger A.J., Conaghan P.G., Boudreau R.M. et al. Evolution of semi-quantitative whole joint assessment of knee OA: MOAKS (MRI Osteoarthritis Knee Score). *Osteoarthritis Cartilage.* 2011;19:990-1002. doi: 10.1016/j.joca.2011.05.004.
37. Tan H., Kang W., Fan Q., Wang B., Yu Y., Yu N. et al. Intravoxel Incoherent Motion Diffusion-Weighted MR Imaging Findings of Infrapatellar Fat Pad Signal Abnormalities: Comparison Between Symptomatic and Asymptomatic Knee Osteoarthritis. *Acad Radiol.* 2023;30(7):1374-1383. doi: 10.1016/j.acra.2022.11.010.
38. Buckley C.T., Vinardell T., Kelly D.J. Oxygen tension differentially regulates the functional properties of cartilaginous tissues engineered from infrapatellar fat pad derived MSCs and articular chondrocytes. *Osteoarthritis Cartilage.* 2010;18(10):1345-1354. doi: 10.1016/j.joca.2010.07.004.
39. Koh Y.G., Jo S.B., Kwon O.R., Suh D.S., Lee S.W., Park S.H. et al. Mesenchymal stem cell injections improve symptoms of knee osteoarthritis. *Arthroscopy.* 2013;29(4):748-755. doi: 10.1016/j.arthro.2012.11.017.
40. Segawa Y., Muneta T., Makino H., Nimura A., Mochizuki T., Ju Y.J. et al. Mesenchymal stem cells derived from synovium, meniscus, anterior cruciate ligament, and articular chondrocytes share similar gene expression profiles. *J Orthop Res.* 2009;27(4):435-441. doi: 10.1002/jor.20786.
41. Luo L., O'Reilly A.R., Thorpe S.D., Buckley C.T., Kelly D.J. Engineering zonal cartilaginous tissue by modulating oxygen levels and mechanical cues through the depth of infrapatellar fat pad stem cell laden hydrogels. *J Tissue Eng Regen Med.* 2017;11(9):2613-2628. doi: 10.1002/term.2162.

42. Prabhakar A., Lynch A.P., Ahearne M. Self-Assembled Infrapatellar Fat-Pad Progenitor Cells on a Poly-ε-Caprolactone Film For Cartilage Regeneration. *Artif Organs*. 2016;40(4):376-384. doi: 10.1111/aor.12565.
43. Mesallati T., Sheehy E.J., Vinardell T., Buckley C.T., Kelly D.J. Tissue engineering scaled-up, anatomically shaped osteochondral constructs for joint resurfacing. *Eur Cell Mater*. 2015;30:163-185; discussion 185-186. doi: 10.22203/ecm.v030a12.
44. Mesallati T., Buckley C.T., Kelly D.J. Engineering cartilaginous grafts using chondrocyte-laden hydrogels supported by a superficial layer of stem cells. *J Tissue Eng Regen Med*. 2017;11(5):1343-1353. doi: 10.1002/term.2033.
45. Wu J., Kuang L., Chen C., Yang J., Zeng W.N., Li T. et al. miR-100-5p-abundant exosomes derived from infrapatellar fat pad MSCs protect articular cartilage and ameliorate gait abnormalities via inhibition of mTOR in osteoarthritis. *Biomaterials*. 2019;206:87-100. doi: 10.1016/j.biomaterials.2019.03.022.

---

**Сведения об авторах**

✉ Корнева Юлия Сергеевна — канд. мед. наук  
Адрес: Россия, 191015, г. Санкт-Петербург,  
ул. Кирочная, д. 41  
<https://orcid.org/0000-0002-8080-904X>  
e-mail: ksu1546@yandex.ru

Борисенко Марина Борисовна  
<https://orcid.org/0000-0002-2684-2017>  
e-mail: marina-borisenko-2000@mail.ru

---

**Authors' information**

✉ Yulia S. Korneva — Cand. Sci. (Med.)  
Address: 41, Kirochnaya st., St. Petersburg, 191015,  
Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-8080-904X>  
e-mail: ksu1546@yandex.ru

Marina B. Borisenko  
<https://orcid.org/0000-0002-2684-2017>  
e-mail: marina-borisenko-2000@mail.ru

Персоналии  
УДК 61(092)  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17425>



## Георгий Сергеевич Бом – основатель кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова

К.А. Егиазарян, Д.С. Ершов

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»  
Минздрава России, г. Москва, Россия

### Реферат

Георгий Сергеевич Бом является основателем кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова, которой в 2023 г. исполнилось 90 лет, а также одним из основоположников московской ортопедической школы. Он занимался вопросами лечения детских ортопедических заболеваний, костно-суставного туберкулеза; разработал ряд оригинальных операций, в частности операцию для лечения *hallux valgus*, которая получила название «операции Бома». Им разработана классификация всех видов косолапости, которая до сих пор используется в ортопедии. Профессор Г.С. Бом — автор нескольких монографий и большого числа научных статей.

**Ключевые слова:** история травматологии и ортопедии.

Personalities  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17425>



## Georgii S. Bom – the founder of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery of Pirogov Russian National Research Medical University

Karen A. Egiazaryan, Dmitry S. Ershov

*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia*

### Abstract

Georgii S. Bom was the founder of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery of Pirogov Russian National Research Medical University. In 2023 the Department celebrated its 90th anniversary. Prof. S. Bom was also one of the founders of the Moscow orthopedic school and specialized in the treatment of pediatric orthopedic diseases, as well as bone and joint tuberculosis. He developed a number of original surgeries, in particular, an intervention for *hallux valgus*, which was called «Bom's surgery». He offered a classification of all types of clubfoot, which is still used in orthopedics. Prof. G.S. Bom is the author of several monographs and a large number of scientific articles.

**Keywords:** history of traumatology and orthopedics.

 **Для цитирования:** Егиазарян К.А., Ершов Д.С. Георгий Сергеевич Бом – основатель кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):156-159. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17425>.

**Cite as:** Egiazaryan K.A., Ershov D.S. Georgii S. Bom – the founder of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery of Pirogov Russian National Research Medical University. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(4):156-159. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17425>.

*Егиазарян Карен Альбертович / Karen A. Egiazaryan; e-mail: egkar@mail.ru*

Рукопись получена: 30.10.2023. Статья опубликована: 15.12.2023.  
Submitted: 30.10.2023. Published: 15.12.2023.

© Егиазарян К.А., Ершов Д.С. / Egiazaryan K.A., Ershov D.S., 2023

История кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ РНИМУ им. Н.И. Пирогова неразрывно связана с именем Георгия Сергеевича Бома, который в 1933 г. создал и возглавил в университете кафедру ортопедии, которая в этом году отмечает свое 90-летие.

Георгий Сергеевич Бом родился 15 июня 1889 г. в городе Орле в семье потомственного дворянина, титулярного советника Сергея Карловича Бома и его жены Марии Яковлевны Бом (девичья фамилия Темирязева).

С 1899 по 1907 г. Георгий Бом учился в Московской 7-й гимназии памяти императора Александра III и был воспитанником Дворянского пансион-приюта.

В 1907 г. он был зачислен в Императорский Московский университет на медицинский факультет. Еще со студенческих лет Георгий Бом проявлял интерес к ортопедии и костному туберкулезу. С 1910 по 1918 г. он работал в частной ортопедической лечебнице известного московского врача-ортопеда Константина Григорьевича Соловьева. В этой клинике Г.С. Бом выполнял обязанности массажиста, помощника врача и ассистента К.Г. Соловьева.

Одновременно с этим с 1912 г. Г.С. Бом начал работать помощником врача и ассистентом 2-го Лечебного общества борьбы с туберкулезом\*.

В 1913 г. Г.С. Бом с отличием окончил Университет и получил степень лекаря.

В течение года Г.С. Бом был экстерном хирургом-ортопедом городской больницы № 1. В 1914 г. он был мобилизован на три года для прохождения военной службы в должности младшего врача полевого госпиталя Алексеевского военного училища, а в 1916 г. стал заведующим городским госпиталем для инвалидов войн.

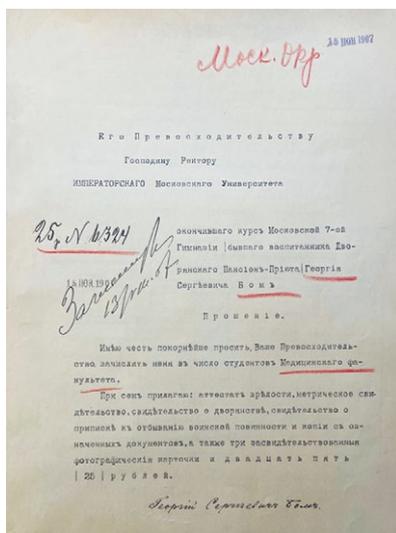
С 1918 г. на протяжении 12 лет Г.С. Бом работал заведующим костным отделением туберкулезного детского госпиталя. Одновременно с 1920 г. он работал ординатором в больнице им. Н.А. Семашко, где в 1921 г. организовал ортопедическое отделение и стал его заведующим. Здесь лечились пациенты с последствиями костно-суставного туберкулеза и полиомиелита, с детской ортопедической патологией. В 1926 г. Г.С. Бом опубликовал научный труд «Костно-суставный туберкулез у детей и его лечение на дому».

С 1926 г. в течение 7 лет Г.С. Бом являлся приват-доцентом хирургической клиники профессора Николая Ниловича Бурденко\*\* и вел доцентский курс ортопедии.

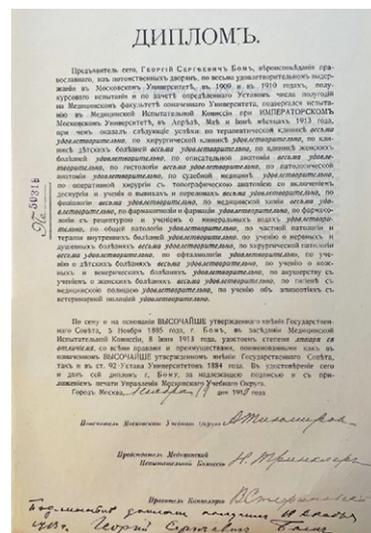
В 1928 г. Г.С. Бом начал работать заведующим отделением физически аномального ребенка Института охраны здоровья детей и подростков. В том же году он посетил для повышения профессиональных знаний клиники Парижа, Берлина, Вены, Праги, а также изучал работу учреждений по борьбе с детским физическим калечеством. После возвращения из Европы С.Г. Бом организовал Дом увечного ребенка в Москве и стал его директором.



Портрет Георгия Сергеевича Бома в юности



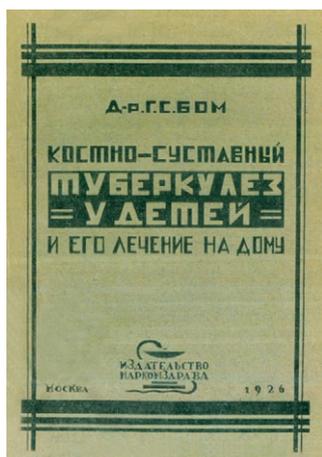
Пршение Г.С. Бома о зачислении в число студентов медицинского факультета



Диплом о присвоении Г.С. Бому степени лекаря с отличием

\* Всероссийская лига по борьбе с туберкулезом — общественная организация, созданная в 1910 г., существовавшая в основном на благотворительные средства.

\*\* С 1923 по 1946 г. Николай Нилович Бурденко руководил факультетской хирургической клиникой и кафедрой медицинского факультета Московского университета.



Книга «Костно-суставный туберкулез у детей и его лечение на дому»



Монография «Физическое калечество у детей и борьба с ним»



В феврале 1932 г. постановлением ВЦИК в системе Наркомата социального обеспечения (НКСО) в Москве была организована Научно-исследовательская база по борьбе с детским калечеством им. А.С. Киселева, при которой были открыты клиника ортопедии, протезная мастерская и школа по трудовому обучению. Организатором и первым директором базы был профессор Г.С. Бом. В дальнейшем это учреждение было преобразовано в Институт протезирования.

С 1932 г. в течение 10 лет Г.С. Бом работал заведующим 3-м хирургическим отделением Басманной больницы, а с 1938 по 1942 г. совмещал заведывание двумя отделениями.

Как уже говорилось выше, в 1933 г. Г.С. Бом создал и возглавил во Втором Московском медицинском институте кафедру ортопедии. Под его руководством велась научная работа по актуальным тогда проблемам лечения детских ортопедических заболеваний, костно-суставного туберкулеза, деформаций стопы, были разработаны оригинальные оперативные методы лечения. Сотрудниками кафедры были М.С. Жуховицкий, Б.Г. Высоцкий, Б.П. Попов, Е.А. Панкова, М.Г. Гопис. В 1934 г. Г.С. Бом опубликовал монографию «Физическое калечество у детей и борьба с ним».

По инициативе профессора Г.С. Бома в системе социального обеспечения была развернута сеть детских учреждений для физически и умственно дефективных детей. Им было организовано образцовое детское учреждение с широкими методическими и лечебными задачами в Перedelкино.

С началом Великой Отечественной войны профессор Г.С. Бом включился в работу по лечению и восстановлению трудоспособности инвалидов войны. Он заведовал хирургическим отделением эвакогоспиталя № 5001, а затем был переведен



Профессор  
Георгий Сергеевич Бом

во 2-ю городскую больницу, где возглавил отделение восстановительной хирургии. Одновременно Г.С. Бом был консультантом в санатории Наркомсобеса для офицеров в поселке Кратово Московской области, в течение нескольких лет руководил отделом лечебной помощи инвалидам Отечественной войны Наркомздрава СССР.

Георгий Сергеевич Бом является одним из основоположников московской ортопедической школы. Он занимался вопросами лечения детских ортопедических заболеваний, костно-суставного туберкулеза; разработал ряд оригинальных операций. Разработанная им хирургическая операция для лечения *hallux valgus* (иссечение экзостоза внутренней поверхности головки I плюсневой кости и трапециевидного участка ее средней части с последующим сближением оставшихся проксимального и дистального участков) получила название «операция Бома».

В 1937 г. он предложил классификацию всех видов косолапостей, разделив их на 9 групп. Классификация до сих пор является актуальной и используется в ортопедии. В 1942 г. профессор Г.С. Бом опубликовал монографию «Гипсовая повязка в ортопедии и травматологии», в которой описал ряд оригинальных способов наложения гипсовых повязок.

Одним из последних научных трудов профессора Г.С. Бома стала опубликованная в 1943 г. монография «Основы восстановительного лечения конечностей».

Г.С. Бом был бессменным заместителем председателя Ученого совета Наркомсобеса РСФСР. Награжден орденом «Знак Почета» (1944), медалью «За оборону Москвы» (1944), знаком «Отличник здравоохранения».

Г.С. Бом скоропостижно скончался 7 сентября 1945 г. и был похоронен на Новодевичьем кладбище. После смерти профессора Г.С. Бома кафедра была реорганизована в доцентский курс, который возглавил его ученик Михаил Самойлович Жуховицкий. В последующем курс вновь был преобразован в кафедру.

В настоящее время кафедру травматологии, ортопедии и ВПХ возглавляет Заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор Карен Альбертович Егиазарян. Ему удалось сохранить и преумножить кадровый состав кафедры и клиники, открыть новые направления научных исследований, увеличить количество клинических баз.

Прошло 90 лет со дня основания кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ, но она по-прежнему динамично развивается и продолжает традиции, заложенные ее основателем Г.С. Бомом.

#### Сведения об авторах

✉ *Егиазарян Карен Альбертович* — д-р мед. наук, профессор  
Адрес: Россия, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1  
<https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>  
e-mail: [egkar@mail.ru](mailto:egkar@mail.ru)

*Ершов Дмитрий Сергеевич* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-7005-2752>  
e-mail: [ershov0808@gmail.com](mailto:ershov0808@gmail.com)



Монография «Гипсовая повязка в ортопедии и травматологии»



Монография «Основы восстановительного лечения конечностей»

#### Authors' information

✉ *Karen A. Egiazaryan* — Dr. Sci. (Med.), Professor  
Address: 1, Ostrovityanova st., Moscow, 117997, Russia  
<https://orcid.org/0000-0002-6680-9334>  
e-mail: [egkar@mail.ru](mailto:egkar@mail.ru)

*Dmitry S. Ershov* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0001-7005-2752>  
e-mail: [ershov0808@gmail.com](mailto:ershov0808@gmail.com)

## ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ ЗУБИКОВ К 70-летию со дня рождения

23 декабря 2023 г. свой 70-летний юбилей отмечает доктор медицинских наук, профессор, лауреат Премии правительства РФ в области науки и техники Владимир Сергеевич Зубиков.

Владимир Сергеевич родился в 1953 г. в Москве в семье служащих. В 1971 г. он окончил среднюю школу и в том же году поступил в 1-й Московский медицинский институт им. И.М. Сеченова на 2-й лечебный факультет. С первого курса института он стал принимать активное участие в работе научного студенческого кружка на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии, возглавляемой профессором Т.Б. Богуславской. Среди его первых преподавателей оперативной хирургии в студенческом кружке был известный в настоящее время кардиохирург лауреат Государственной премии СССР С.Л. Дземишкевич. На старших курсах института В.С. Зубиков занимался в студенческом кружке на кафедре травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, которой руководил д-р мед. наук, профессор Г.С. Юмашев.

В 1977 г. В.С. Зубиков поступил в клиническую ординатуру, после окончания которой он был принят на работу в Московский областной научно-исследовательский клинический институт (МОНКИ) им. М.Ф. Владимирского на должность младшего научного сотрудника в клинику травматологии и ортопедии, возглавляемую доктором медицинских наук, профессором О.Ш. Буачидзе. В 1986 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию «Стабильный остеосинтез метафизарных и метадиафизарных отделов бедренной и большеберцовой костей при лечении последствий травм и ортопедических заболеваний».

В 1996 г. в составе коллектива сотрудников МОНКИ и РКК «Энергия» В.С. Зубиков получил Премию правительства РФ в области науки и техники за разработку и экспериментальное обоснование новой медицинской техники. В 2002 г. В.С. Зубиков защитил докторскую диссертацию «Накостный стабильно-функциональный остеосинтез при лечении последствий переломов костей конечностей» и в этом же году был назначен на должность главного научного сотрудника отделения последствий травм. Свою научную и хирургическую деятельность В.С. Зубиков совмещал с преподавательской, работая на должности профессора кафедры травматологии и ортопедии факультета усовершенствования врачей МОНКИ им. М.В. Владимирского.



В 2007 г. решением ВАК РФ ему присвоено ученое звание профессора. За время своей работы в МОНКИ Владимир Сергеевич активно развивал и совершенствовал методы хирургического лечения тяжелых последствий травм конечностей и таза, много занимался проблемами посттравматического остеомиелита, нарушений регенерации костной ткани. Им приобретен значительный опыт хирургической коррекции костей и суставов конечностей при различного рода ортопедических заболеваниях у взрослых. В.С. Зубиков относится к поколению российских специалистов, которые впервые в нашей стране начали осваивать и внедрять в практику современные методы эндопротезирования крупных суставов, сначала тазобедренного, а затем — коленного, плечелопаточного и локтевого. В это время, до появления специализированных клиник в онкологических центрах РФ, Владимир Сергеевич в своей практике использовал также онкологическое эндопротезирование при злокачественных опухолях костей и суставов нижних конечностей с замещением искусственными имплантатами суставов и прилежащих диафизарных отделов костей.

Профессор В.С. Зубиков более 10 лет являлся членом диссертационных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций МОНКИ им. М.Ф. Владимирского и ЦИТО (НМИЦ ТО) им.

Н.Н. Приорова. Под его руководством защищены 4 кандидатские диссертации. Он являлся членом международной образовательной организации SICOT и членом научного комитета Русского общества тазобедренного сустава, входящего ассоциированным членом в Европейское общество тазобедренного сустава, а также участвовал в работе конгрессов Европейского общества инфекции костей и суставов.

В 2013 г. В.С. Зубиков начал работу в системе лечения костно-суставного туберкулеза Московской области, придя на должность заведующего отделением ГБУЗ «Московский областной центр специализированной медицинской помощи больным внелегочными формами туберкулеза», где применяет свой богатый опыт ортопедической хирургии при лечении костно-суставного туберкулеза и неспецифической инфекции суставов. Там он начал разработку усовершенствованных методик артропластики при инфекционных туберкулезных и неспецифических артритах, методик стабилизации пораженных туберкулезом суставов, впервые предложил насыщать цементные спейсеры противотуберкулезными химиопрепаратами.

Профессор В.С. Зубиков докладывает о результатах своей работы на конгрессах фтизиатрического сообщества, где его хирургическая и научная деятельность получает однозначную положительную оценку. С 2018 г. свою работу В.С. Зубиков продолжил в только что открывшемся

ФГБУ «Национальный медицинский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России на должности ведущего научного сотрудника научного отдела костно-суставной патологии. Там он успешно продолжил заниматься разработкой методик артропластики инфицированных суставов, публикуя авторские статьи в специализированных изданиях. В 2020 г. В.С. Зубиков с соавторами опубликовали статью в журнале «Туберкулез и болезни легких», в которой впервые в Российской Федерации проанализировали значительный накопленный опыт первичного двухэтапного эндопротезирования крупных суставов, пораженных туберкулезной или неспецифической инфекцией. С его активным участием впервые в России проведен комплекс исследований (химических, микробиологических, механических испытаний) образцов цемента, насыщенного большой группой противотуберкулезных химиопрепаратов, что позволило усовершенствовать используемые цементные спейсеры и улучшить результаты эндопротезирования при инфекционных артритах, включая их туберкулезное поражение.

В.С. Зубиков является автором более чем 280 научных работ, 13 патентов.

В настоящее время д-р мед. наук, профессор В.С. Зубиков является членом Ассоциации травматологов-ортопедов России и членом Российского общества фтизиатров (РОФ).

*Коллектив НМИЦ фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний поздравляет Владимира Сергеевича с 70-летним юбилеем и желает ему доброго здоровья, новых творческих достижений!*

*Редакция журнала присоединяется к поздравлениям юбиляра.*

Персоналии



## ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ЦЕЛЬ К 125-летию со дня рождения

### Реферат

Статья посвящена 125-летию со дня рождения д-ра мед. наук, профессора В.Ф. Целя — создателя школы хирургии, травматологии и ортопедии в г. Архангельске, внёсшего огромный вклад в становление и развитие самого северного медицинского института.

**Ключевые слова:** история травматологии и ортопедии.

Personalities



## Vladimir F. Tsel To the 125<sup>th</sup> Anniversary of the Birth

### Abstract

The article is dedicated to the 125<sup>th</sup> anniversary of the birth of Doctor of Medical Sciences, professor V.F. Tsel. He was the founder of the school of surgery, traumatology and orthopedics in Arkhangelsk, who made a huge contribution to the formation and development of the northernmost medical institute.

**Keywords:** history of traumatology and orthopedics.

В 2023 г. исполнилось 125 лет со дня рождения профессора В.Ф. Целя, который внес большой вклад в развитие медицины европейского Севера России, проработав полвека на хирургических кафедрах Архангельского государственного медицинского института (АГМИ). Он — основатель и первый заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-морской хирургии в самом северном медицинском вузе мира.

Владимир Федорович (Вольдемар Теодорович) Цель родился 14 марта 1898 г. в с. Долиновка Константиновской волости Самарской губернии в крестьянской семье. Окончил медицинский факультет Томского университета (1924), где его преподавателями были выдающиеся ученые. Свою трудовую деятельность В.Ф. Цель начал с работы участковым врачом в селах Самарской губернии. С 1929 г. в Северном крае (в настоящее время — Архангельская область) был заведующим хирургических отделений ЦРБ, одновременно преподавал хирургию и заведовал учебной частью Маймаксанского фельдшерского училища. В 1936–1942 гг. — ассистент кафедры общей хирургии Архангельского мединститута. В августе 1942 г. был мобилизован в трудовую армию и до мая 1943 г. работал главным врачом и хирургом лазарета в лагере для заключенных при Котласском мостозаводе.



В 1943 г. В.Ф. Цель успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Переломы лодыжек (механизм происхождения, клиника и лечение)». После демобилизации из трудовой армии до марта 1944 г. заведовал хирургическим отделением Котласской районной больницы. Затем Владимир Федорович снова вернулся в г. Архангельск, был утвержден на должность доцента кафедры госпитальной хирургии и навсегда связал свою судьбу с медицинским институтом.

Эти и последующие годы замечательного хирурга были особенно плодотворными: он виртуозно проводил кожнопластические операции, впервые в Архангельской области оперировал детей с врожденной расщелиной верхней губы и твердого неба, внедрил хирургические методы лечения врожденного вывиха бедра и косолапости. В 1953 г. В.Ф. Цель защитил докторскую диссертацию на тему «Кожная пластика язв и незаживающих ран». Владимир Федорович был избран на должность второго профессора кафедры госпитальной хирургии (1956), а затем возглавил эту кафедру (1959). При клинике профессор В.Ф. Цель открывал экспериментальную лабораторию для проведения научных исследований.

В педагогической деятельности и руководстве кафедрой Владимир Федорович проявлял себя умелым организатором, хорошим лектором и опытным клиницистом. Он был инициатором преподавания студентам старших курсов института основ травматологии и ортопедии, туберкулезной остеологии и челюстно-лицевой хирургии. Владимир Федорович воспитал многих хирургов.

Владимир Федорович организовал и возглавил Архангельское общество травматологов-ортопедов, избирался членом правления Всесоюзного общества, был главным травматологом Архангельской области.

В 1971 г. В.Ф. Цель организовал и возглавил новую кафедру травматологии, ортопедии и военно-морской хирургии АГМИ. За время работы в АГМИ Владимир Федорович проявил себя как вдумчивый клиницист, опытный хирург и самоотверженный научный работник, он не только сам трудился над разрешением ряда научных проблем, но и привлекал коллектив врачей. Под его руководством было выполнено 3 докторских и 10 кандидатских

диссертаций. Он является автором 90 публикаций, 3 изобретений и 6 рацпредложений.

В.Ф. Цель был председателем Научно-практического общества травматологов-ортопедов Архангельской области (1968–1973), членом правления Российского общества травматологов-ортопедов. За заслуги в подготовке врачебных кадров, развитие травматолого-ортопедической службы, улучшение качества лечебной работы в Архангельской области, научные достижения профессор В.Ф. Цель награжден орденами «Знак Почета» (1961), «Трудового Красного Знамени» (1968) и медалями.

Профессор В.Ф. Цель выступал инициатором внедрения в практику всего нового и передового: чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Г.А. Илизарову, костная гомопластика, реконструктивные операции на крупных суставах и т.д. Им предложены оригинальная модификация гипсовой повязки для функционального лечения перелома лодыжек, разработаны новые способы операций при расхождении прямых мышц живота, корригирующие остеотомии бедра при варусной деформации шейки бедренной кости, этапная методика «воспитания» итальянского лоскута кожи для пластики незаживающих язв и ран, фиксация несвободных кожных лоскутов при закрытии дефектов покровных тканей и многое другое.

За полвека своей лечебной, научной и педагогической деятельности В.Ф. Цель создал замечательную школу хирургов, травматологов-ортопедов, которую отличают высочайшая ответственность, преданность избранному делу и организаторская активность. Его по праву можно назвать основоположником травматологии и ортопедии как научной дисциплины на европейском Севере нашей страны.

**Брагина Светлана Валентиновна**

канд. мед. наук, доцент, заведующая кафедрой травматологии, ортопедии и ВХ  
ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет»

Минздрава России,  
г. Архангельск

## О статье «Лечение пациента с ятрогенным повреждением лучевого нерва после остеосинтеза плечевой кости: клинический случай»

### Letter to the Editor Regarding the Article “Treatment of Iatrogenic Nerve Injury After Humeral Shaft Fracture Fixation: A Case Report”

С большим интересом я прочитал статью «Лечение пациента с ятрогенным повреждением лучевого нерва после остеосинтеза плечевой кости: клинический случай» Д.А. Киселя с соавторами, опубликованную в журнале «Травматология и ортопедия России» [1].

Сложно представить тему, касающуюся повреждения нервной системы, которая была бы более подходящей для травматолого-ортопедического журнала, чем нейрохирургического.

Действительно, подавляющее большинство повреждений лучевого нерва являются либо следствием прямого действия травматолога при остеосинтезе плечевой или лучевой кости или при восстановлении сухожилия двуглавой мышцы плеча, либо они сопутствуют перелому диафиза плечевой кости и пропускаются при клиническом осмотре. Это приводит к тому, что помощь пациенту оказывается с существенным опозданием. При этом зачастую пациент находит профильного специалиста уже на тех сроках, на которых оказать помощь может уже только ортопед, выполнив сухожильно-мышечные транспозиции.

Анализ нашего опыта показал, что среди более чем 45 пациентов с так называемой висящей кистью встретилось только два пациента, состояние которых не являлось следствием упомянутых выше особенностей работы травматологов или ортопедов. В одном случае на нерв давило новообразование, во втором — имел место так называемый синдром фокальной констрикции нерва. Поэтому актуализация темы поражений лучевого нерва в ортопедической среде очень важна, и мы выражаем искреннюю благодарность авторам статьи за приведенный клинический пример. Стоит подчеркнуть, что он является, к сожалению, скорее классическим, чем редким.

В связи с тем, что среди читателей журнала есть обучающиеся, приобретающие клинический опыт, в том числе читая статьи в рубрике «Случаи из практики», очень хотелось бы заострить их внимание на некоторых моментах, которые авторы,

возможно с высоты своего опыта, описали без акцентов, но которые были бы полезны для достижения заявленной цели данной публикации — «на клиническом примере показать причины возникновения, методы профилактики, диагностики и лечения ятрогенных повреждений лучевого нерва при переломах плечевой кости».

Авторами достаточно подробно проанализированы возможные ошибки при остеосинтезе плечевой кости блокируемым стержнем. С учетом того, что в названии статьи и в цели было заявлено рассмотрение повреждения лучевого нерва при остеосинтезе плечевой кости в целом, а не только при интрамедуллярном, то недостаточное внимание авторами может сформировать ложное впечатление у читателя о малой вероятности повреждения другими способами, например при накостном остеосинтезе или просто манипуляции отломками при любой репозиции. Упоминания публикаций об этом было бы достаточно в рамках рассмотрения клинического случая [2].

Что касается методов диагностики, мы совершенно согласны с авторами — выявить ятрогенную травматическую нейропатию сразу после окончания анестезии при клиническом осмотре несложно. При клиническом осмотре авторы выявили отсутствие активного разгибания левой кисти и пальцев (M0), отведения большого пальца (M0), нарушение чувствительности по наружной поверхности левого предплечья и кисти по типу анестезии в области автономной иннервации поверхностной ветвью лучевого нерва (S0). На наш взгляд, оценки этих параметров могло бы быть достаточно при абсолютной уверенности в локализации повреждения на уровне предплечья, но не плеча. Также есть некоторые противоречия, которые могут сбить с толку молодых специалистов.

Во-первых, при описании неврологических нарушений полезно отмечать и работающие мышцы, и зоны кожной иннервации, сохранившие чувствительность, чтобы можно было понять, от како-

Поступило 07.11.2023. Опубликовано 15.12.2023.

го места начинается уровень поражения. В данном случае непонятно, какие структуры не работают, а какие просто не проверялись.

Во-вторых, категорически важно проверять функцию плечелучевой мышцы. Поскольку это первая мышца предплечья, иннервируемая лучевым нервом, это имеет важное диагностическое и тактическое значение. При оценке результата восстановления нерва, а также при выбранной выжидательной тактике именно по включению или невключению функции на определенное время принимаются тактические решения об операции. Ветвь к плечелучевой мышце отходит от лучевого нерва на плече. И именно в случае нейропатии, возникшей при интрамедуллярном остеосинтезе, ее функция иногда помогает при дифференциальной диагностике между поражением нерва на уровне дистального блокирования и компрессии его отломками. В случаях нейропатии лучевого нерва бывает полезно проверить также и функцию трехглавой мышцы. Супинация также не оценена.

В-третьих, не оценена кожная чувствительность латеральной поверхности нижней части плеча (зона иннервации нижнего латерального нерва плеча — ветви лучевого нерва); не оценена кожная чувствительность задней поверхности предплечья (зона иннервации заднего кожного нерва предплечья — ветви лучевого нерва) [3]. Оценка этих зон также могла бы дать информацию для дифференциального диагноза уровня поражения. В данном клиническом случае зона иннервации заднего кожного нерва предплечья должна была пострадать. А вот нижний латеральный кожный нерв плеча должен был функционировать, но он мог пострадать в ходе операции по восстановлению нерва, однако это не было оценено.

Выглядит странным выявленное авторами отсутствие чувствительности по латеральной поверхности предплечья, не имеющей отношения к лучевому нерву. Несмотря на то, что поверхностная ветвь лучевого нерва располагается на латеральной поверхности предплечья, эту зону иннервирует латеральный кожный нерв предплечья — ветвь мышечно-кожного нерва. Это часто встречающаяся анатомическая путаница. Если авторы не ошиблись, назвав заднюю поверхность латеральной, то этот выявленный симптом можно объяснить одновременным (с лучевым) поражением латерального кожного нерва предплечья по типу аксонотмезиса, которое могло впоследствии восстановиться самостоятельно, что, видимо, и произошло.

К счастью, пациент поступил в клинику с уже выполненным УЗИ с верифицированным поражением нерва и установленным уровнем (по крайней мере, одним). Все тактические решения могли приниматься на основании данных УЗИ, не полагаясь на данные клинического осмотра.

При оценке динамики после операции и результата было бы корректно, помимо указания времени уже упомянутого включения плечелучевой мышцы, также оценить отдельно локтевой и лучевые разгибатели запястья. И важно написать оценку наиболее дистальной из двигательных ветвей — ветви к разгибателю 2-го пальца. Наличие функции этой мышцы вместе с восстановлением чувствительности поверхностной ветви лучевого нерва ставит точку в оценке результата невралной части реконструкции функции руки при поражении лучевого нерва. Причем функция мышцы важнее, так как чувствительность может частично восстанавливаться за счет перекрестной иннервации от других нервов. Стоит отметить, что нейрофизиолог проверил м-волну на данной мышце и оценил ее как низкоамплитудную с увеличенной хронодисперсией.

К слову о частичном восстановлении чувствительности: было бы полезным для публикации более объективно оценить восстановление чувствительности, хотя бы дискриминационным тестом и, конечно, указать другие чувствительные ветви лучевого нерва, кроме терминальной (поверхностной).

При оценке восстановления двигательной функции указано, что 1-й палец разгибается не на полную амплитуду — дана оценка м3–м4. Оценка силы по шкале MRC на кисти бывает сложной, однако невозможность осуществить полную амплитуду движений, наверное, стоит оценивать как меньшее, чем м3 [4]. Это имеет тактическое значение, так как в этом случае есть показания к выполнению реконструктивного вмешательства.

Жаль, что в статье мало внимания уделено описанию ортопедической части. Для читателей этого журнала было бы любопытно прочитать разбор тактического решения смены типа остеосинтеза. По описанию, приведенному авторами, признаков формирования ложного сустава не было. При этом замена стержня на более длинный позволила бы меньше травмировать костную мозоль, меньше нарушать локальное кровоснабжение, но, главное, зона невралных трансплантатов осталась бы на большем расстоянии от металлоконструкции. По собственному опыту могу сказать, что в случае повторных вмешательств невралные трансплантаты бывает сложно дифференцировать в рубцах, особенно вблизи металлоконструкции, кроме того, они больше, чем здоровый нерв, подвержены травматизации при выделении из рубцов. Это одна из причин, по которой описанный клинический случай сложно считать завершенным. Поскольку нет данных о консолидации перелома, нет и уверенности в отсутствии необходимости повторного вмешательства в этой зоне с риском вновь повредить нерв.

И второе – разгибание большого пальца не достигнуто. Принимая во внимание, что статья опубликована в травматолого-ортопедическом журнале, стоит упомянуть, что эта проблема может и должна быть решена путем ортопедической реконструкции. В данном клиническом наблюдении возможно достижение полной функции кисти и консолидации перелома плечевой кости. После их констатации цель показать методы лечения ятрогенных поражений лучевого нерва при переломах плечевой кости можно было бы считать достигнутой в полной мере.

В заключение еще раз хотелось бы отметить актуальность темы, выбранной авторами, и поблаго-

дарить коллектив за представленное интересное и поучительное клиническое наблюдение. Именно такой классический случай очень полезен для читателей нашей специальности. Отдельная благодарность авторам за крайне полезный теоретический разбор в разделе «Обсуждение» с описанием своего алгоритма принятия решений при выявлении поражения лучевого нерва. Хотелось бы только добавить собственное субъективное мнение: поскольку УЗИ – оператор-зависимый метод, при возможности ревизии в первые сутки можно прибегнуть к активной тактике, даже если в заключении врача, выполнявшего УЗИ, отсутствуют признаки перерыва нерва.

*Наконец Дмитрий Георгиевич*

канд. мед. наук

ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России  
ФГБОУВО «ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России

Клиника «Скандинавия»

<https://orcid.org/0000-0002-7853-4825>

[dnakonechny@mail.ru](mailto:dnakonechny@mail.ru)

#### ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. 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. doi: 10.17816/2311-2905-7984  
Kisel D.A., Fain A.M., Svetlov K.V., Bogolyubsky Y.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. doi: 10.17816/2311-2905-7984. (In Russian).
2. Amer K.M., Kurland A.M., Smith B., Abdo Z., Amer R., Vosbikian M.M., Ahmed I.H. Intramedullary Nailing Versus Plate Fixation for Humeral Shaft Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Bone Jt Surg*. 2022;10(8):661-667.
3. Mancall E.L., Brock D.G. Gray's Clinical Neuroanatomy: The Anatomic Basis for Clinical Neuroscience (Gray's Anatomy). Saunders; 2011. 445 p.
4. Compston A. Aids to the investigation of peripheral nerve injuries. Medical Research Council: Nerve Injuries Research Committee. His Majesty's Stationery Office: 1942; pp. 48 (iii) and 74 figures and 7 diagrams; with aids to the examination of the peripheral nervous system. By Michael O'Brien for the Guarantors of Brain. Saunders Elsevier: 2010; pp. [8]. *Brain*. 2010;133(10):2838-44. doi: 10.1093/brain/awq270.