

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



# ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

2022 • Т. 28 • № 2

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

# Травматология и ортопедия России

Том 28, Выпуск 2, 2022

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

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 **ПН030** в каталоге «Почта России»;  
Индекс **33020** в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакторы Колесникова И.В., Шен А.С.  
Технический редактор Гаврилова С.В.

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

## Главный редактор

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

## Заместитель главного редактора

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

## Ответственный секретарь

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

# Travmatologiya i Ortopediya Rossii

Vol. 28, N 2, 2022

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

## INDEXING

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

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

© Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia), 2022  
© Eco-Vector, 2022

## 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)  
*Aleksander V. Gubin* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, 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.) (Tsvyanyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia)  
*Aleksander Yu. Kochish* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Veit Krenn* – MD, Professor (Center for Histology, Cytology and Molecular Diagnostics, Trier, Germany)  
*Djoldas Kuldjanov* – MD, Professor (University Hospital, St. Louis, USA)  
*Dmitry A. Malanin* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia)  
*Alexander M. Miromanov* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Chita State Medical Academy, Chita, Russia)  
*Vyacheslav N. Mitrofanov* – Cand. Sci. (Med.) (Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia)  
*Valery Yu. Murylev* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia)  
*Javad Parvizi* – MD, Professor (Rothman Institute, Philadelphia, USA)  
*Carsten Perka* – MD, Professor (Charité – University Medicine, Berlin, Germany)  
*Dmitry A. Ptashnikov* – Dr. Sci. (Med.), Professor (Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia)  
*Sergey O. Ryabykh* – Dr. Sci. (Med.) (Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 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

## ОТ РЕДАКТОРА

**Тихилов Р.М.**Обращение главного редактора к выходу второго выпуска  
журнала «Травматология и ортопедия России»  
за 2022 год ..... 5

## КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Рохоев С.А., Чугаев Д.В.,****Соломин Л.Н.**Сравнительная оценка результатов использования аппарата  
Илизарова и ортопедического гексапода Орто-СУВ  
при лечении разгибательных контрактур коленного сустава ..... 7**Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К.**Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов  
с первичной идиопатической тромбоцитопенией ..... 20**Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Виссарионов С.В.,****Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю.,****Кожевников В.В.**Salter vs Pemberton: сравнительный рентгенологический  
анализ изменения вертлужной впадины и таза  
после хирургической коррекции у детей с врожденным  
вывихом бедра ..... 27ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**Стогов М.В., Еманов А.А., Годовых Н.В.,****Овчинников Е.Н., Тушина Н.В.,****Кузнецов В.П.**Микробиологический профиль зоны имплантации  
в условиях различной механической компрессии  
чрескожных имплантатов: экспериментальное  
исследование ..... 38**Петрайкин А.В., Ахмад Е.С., Семенов Д.С.,****Артюкова З.Р., Кудрявцев Н.Д., Петрайкин Ф.А.,****Низовцова Л.А.**Сравнение двухэнергетических денситометров  
различных моделей ..... 48

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Щудло Н.А., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А.**Патоморфологические изменения телец Фатер-Пачини  
при ладонном фасциальном фиброматозе в зависимости  
от степени контрактуры Дюпюитрена ..... 58**Семенов С.Ю., Проценко Я.Н., Баиндурашвили А.Г.,  
Брайлов С.А., Семенова Е.С., Труфанов Г.Е.**Оценка рентгенометрических показателей костей  
предплечья при травматической нестабильности  
дистального лучелоктевого сустава у детей ..... 67

## ДИСКУССИИ

**Беленький И.Г., Мануковский В.А., Тулупов А.Н.,  
Демко А.Е., Кандыба Д.В., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А.,  
Барсукова И.М., Аджимурадов Б.О.**Стратегия выполнения остеосинтеза:  
проблемы и перспективы ..... 79**Дубров В.Э.**Стратегия выполнения остеосинтеза:  
опыт и рекомендации  
*Редакционный комментарий* ..... 91**Хоминец В.В.**К вопросу о перспективности экстренного выполнения  
osteosynthesis  
*Редакционный комментарий* ..... 95

## СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ

**Ефимов Г.А., Черкасов М.А., Гончаров М.Ю.,****Ефимов Н.Н.**Рецидив гетеротопической оссификации в результате  
вывиха эндопротеза тазобедренного сустава:  
клинический случай ..... 97**Чернядьев С.А., Лещинская А.Ю., Бочегов В.С.**Успешное протезирование при травматическом  
повреждении бедренных сосудов:  
клинический случай ..... 105

## ОБЗОРЫ

**Идрисов Х.К., Родоманова Л.А.**Восполнение дефицита кожного покрова  
после субтотальной апоневрэктомии при контрактуре  
Дюпюитрена тяжелой степени:  
обзор литературы ..... 114

## ЮБИЛЕИ

**Линник Станислав Антонович**

К 70-летию со дня рождения ..... 124

## РЕТРАКЦИИ

Сообщения о ретракции статей ..... 126

## CONTENTS

## EDITORIAL

- Tikhilov R.M.**  
The Editor-in-Chief Appeal to the Issue No 2 for 2022  
of the Journal "Traumatology and Orthopedics of Russia" ..... 5

## CLINICAL STUDIES

- Rokhoev S.A., Chugaev D.V., Solomin L.N.**  
Treatment of Extension Knee Contractures with Ilizarov  
Apparatus Versus Orthopedic Hexapod Ortho-SUV Frame ..... 7
- Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K.**  
Total Hip Arthroplasty in Patients with Idiopathic  
Thrombocytopenic Purpura ..... 20
- Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnyukov I.Yu., Kozhevnikov V.V.**  
Salter vs Pemberton: Comparative Radiologic Analysis  
of Changes in the Acetabulum and Pelvis After Surgical  
Correction in Children with Hip Dysplasia ..... 27

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL  
STUDIES

- Stogov M.V., Emanov A.A., Godovykh N.V., Ovchinnikov E.N., Tushina N.V., Kuznetsov V.P.**  
Microbiological Profile of the Implantation Zone  
under Different Mechanical Compression of Percutaneous  
Implants: Experimental Study ..... 38
- Petraikin A.V., Akhmad E.S., Semenov D.S., Artyukova Z.R., Kudryavtsev N.D., Petriikin F.A., Nizovtsova L.A.**  
Different Models of Dual-Energy Bone DXA Scanners:  
A Comparative Study ..... 48

## RESEARCH METHODS

- Shchudlo N.A., Varsegova T.N., Stupina T.A.**  
Pathomorphological Changes in Vater-Pacinian Corpuscles  
in Palmar Fascial Fibromatosis Depending on the Dupuytren's  
Contracture Degree ..... 58

- Semenov S.Yu., Proshchenko Ya.N., Baidurashvili A.G., Braylov S.A., Semenova E.S., Trufanov G.E.**  
Radiometric Parameters of the Forearm in Traumatic Instability  
of the Distal Radioulnar Joint in Children ..... 67

## DISCUSSIONS

- Belenkiy I.G., Manukovskii V.A., Tulupov A.N., Demko A.E., Kandyba D.V., Sergeev G.D., Maiorov B.A., Barsukova I.M., Adzhimuradov B.O.**  
Strategies of Osteosynthesis:  
Problems and Perspectives ..... 79
- Dubrov V.E.**  
Fracture fixation strategy: experience and recommendations  
*Editorial Comment* ..... 91
- Khominets V.V.**  
Is early fixation of the fracture promising?  
*Editorial Comment* ..... 95

## CASE REPORTS

- Efimov G.A., Cherkasov M.A., Goncharov M.Yu., Efimov N.N.**  
Recurrence of Heterotopic Ossification as the Result  
of Total Hip Endoprosthesis Dislocation:  
A Case Report ..... 97
- Chernyadyev S.A., Leshchinskaya A.Yu., Bohegov V.S.**  
Successful Prosthetics for Traumatic Femoral Vascular Injury:  
A Case Report ..... 105

## REVIEWS

- Idrisov Kh.K., Rodomanova L.A.**  
Skin Closure After Subtotal Aponeurectomy  
in Severe Dupuytren's Contracture:  
Review ..... 114

## UBILEES

- Stanislav A. Linnik**  
70<sup>th</sup> Anniversary of the Birth ..... 124

## RETRACTION

- Retraction notice ..... 126

Редакционная статья  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1798>

### Уважаемые читатели!

Представляем очередной выпуск журнала, в котором нашли отражение самые разные проблемы нашей и смежных с ней специальностей.

Традиционная для нашего журнала тема эндопротезирования в этом выпуске представлена работой А.Н. Цеда с соавторами, в которой анализируются особенности выполнения этой операции у пациентов с первичной идиопатической тромбоцитопенией, заключающиеся в более длительной предоперационной подготовке, увеличении интраоперационной кровопотери и объема переливания гемокомпонентов.

Свой метод устранения посттравматической контрактуры коленного сустава с использованием ортопедического гексапода представили С.А. Рохоев с соавторами.

Детская травматология и ортопедия представлена в этом выпуске работами наших коллег из Центра им. Г.И. Турнера. П.И. Бортулев с соавторами представили результаты сравнительного исследования эффективности двух видов остеотомии при дисплазии тазобедренного сустава — по Salter и по Pemberton. С.Ю. Семенов с соавторами выявили изменения рентгенометрических параметров при нестабильности дистального лучелоктевого сустава у детей, а также их влияние на планирование хирургического вмешательства и прогнозирование восстановления анатомии и функции предплечья.

В разделе «Дискуссии» представлены различные взгляды и подходы к выполнению экстренных и плановых операций остеосинтеза пациентам с переломами длинных костей в крупных городах Российской Федерации. Приглашаем наших коллег присоединиться к обсуждению этой актуальной проблемы.

Наше издание является научно-практическим, и мы стараемся уделять достаточно внимания экспериментальным и теоретическим работам, которые являются базой будущих клинических



исследований. В этом выпуске экспериментальные исследования представлены двумя статьями. А.В. Петряйкин с соавторами представили результаты сравнения четырех денситометров разной геометрии и фирм-производителей при моделировании различного водно-жирового окружения. М.В. Стогов с соавторами провели исследование на животных, показавшее, что применение нагрузок в зоне имплантации чрескожных имплантатов положительно сказывается на их приживаемости и снижает обсемененность этой области.

Как всегда, мы отобрали наиболее интересные и редкие клинические наблюдения, а также представляем вашему вниманию интересный обзор литературы по проблеме лечения пациентов с контрактурой Дюпюитрена.

Уважаемые коллеги, несмотря на то, что Министерство образования и науки России в сложившихся условиях приостановило до декабря 2022 года учет индексации публикаций отечественных ученых в международных базах дан-

Тихилов Р.М. Обращение главного редактора к выходу второго выпуска журнала «Травматология и ортопедия России» за 2022 год. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):5-6. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1798>.

**Cite as:** Tikhilov R.M. [The Editor-in-Chief Appeal to the Issue No 2 for 2022 of the Journal “Traumatology and Orthopedics of Russia”]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):5-6. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1798>. (In Russian).

✉ Тихилов Рашид Муртузалиевич / Rashid M. Tikhilov; e-mail: [rtikhilov@gmail.com](mailto:rtikhilov@gmail.com)

© Тихилов Р.М., 2022  
 © Tikhilov R.M., 2022



ных, в том числе и в Web of Science, куда входит наш журнал, мы приняли решение сохранить принятые в журнале международные критерии оценки качества поступающих статей. Сейчас в Российской Федерации создается новая система оценки результативности научных исследований и разработок, в которой будут учитываться публикации в высокорейтинговых отечественных из-

даниях, входящих в ядро РИНЦ и Russian Science Citation Index. Наш журнал входит в обе эти базы, и задача редакции и редколлегии — сохранить высокий рейтинг журнала. А сделать это можно, только публикуя высококачественные востребованные читателями статьи.

Будем рады увидеть ваши работы на страницах нашего журнала.

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



## Сравнительная оценка результатов использования аппарата Илизарова и ортопедического гексапода Орто-СУВ при лечении разгибательных контрактур коленного сустава

С.А. Рохоев, Д.В. Чугаев, Л.Н. Соломин

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

**Актуальность.** При невозможности одномоментно устранить контрактуру коленного сустава путем мягкотканного релиза дополнительно используются аппараты внешней фиксации (АВФ), наиболее часто — аппарат Илизарова с одноосевым шарниром. Также могут применяться ортопедические гексаподы, которые, в отличие от аппарата Илизарова, способны воспроизвести кинематику движений в коленном суставе.

**Цель исследования** — оценить эффективность применения ортопедического гексапода для лечения пациентов с разгибательными контрактурами коленного сустава в сравнении с использованием аппарата Илизарова.

**Материал и методы.** Проанализировано 64 случая комбинированного лечения разгибательных контрактур коленного сустава, сформировавшихся вследствие внесуставных переломов бедренной кости. Пациенты были разделены на две группы. В первой группе при лечении 31 пациента в дополнение к мягкотканному релизу применяли ортопедический гексапод Орто-СУВ. Во второй группе при лечении 33 пациентов использовали аппарат Илизарова с одноосевым шарниром. При сравнительном анализе между группами оценивали количество циклов сгибания-разгибания; время, необходимое на их выполнение; общее время восстановления движений в АВФ. Функциональные результаты оценивали по амплитуде движений в коленном суставе и специализированным шкалам-опросникам KSS, Lysholm, LEFS по прошествии 2 дней, а также через 6 и 12 мес. с момента демонтажа АВФ.

**Результаты.** При сравнении общей длительности использования АВФ, а также времени, необходимого для разработки движений, значимой разницы не выявлено ( $p > 0,05$ ). При использовании ортопедического гексапода потребовалось выполнение меньшего количества циклов сгибания-разгибания по сравнению с применением аппарата Илизарова. При оценке амплитуды движений через 12 мес. в первой группе отличные результаты получены в 27 случаях и хорошие — в 4 случаях. Во второй группе во всех 33 случаях была отмечена хорошая амплитуда движений. В среднем амплитуда движений в первой группе была на  $20^\circ$  выше, чем во второй группе. Оценка функции коленного сустава через 12 мес. по шкале KSS в первой группе была выше на 16 баллов, по шкале Lysholm — на 5 баллов, по шкале LEFS — на 15 баллов, чем во второй группе. При анализе частоты осложнений значимые различия не были выявлены ( $p > 0,05$ ).

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования ортопедического гексапода при лечении пациентов с разгибательными контрактурами коленного сустава.

**Ключевые слова:** коленный сустав, контрактура, артролиз, тенолиз, миолиз, квадрицепс-пластика, аппараты внешней фиксации, аппарат Илизарова, ортопедический гексапод.

Рохоев С.А., Чугаев Д.В., Соломин Л.Н. Сравнительная оценка результатов использования аппарата Илизарова и ортопедического гексапода Орто-СУВ при лечении разгибательных контрактур коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):7-19. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1756>.

Рохоев Сайгидула Абдурахманович; e-mail: 09saga@mail.ru

Рукопись получена: 12.03.2022. Рукопись одобрена: 07.04.2022. Статья опубликована онлайн: 27.04.2022.

© Рохоев С.А., Чугаев Д.В., Соломин Л.Н., 2022





## Treatment of Extension Knee Contractures with Ilizarov Apparatus Versus Orthopedic Hexapod Ortho-SUV Frame

Saigidula A. Rokhoeff, Dmitrii V. Chugaev, Leonid N. Solomin

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

**Background.** In case if it is impossible to eliminate the knee contracture by soft tissue release, external fixation is additionally used. Most often, the Ilizarov apparatus with a uniaxial hinge is used for this purpose. Orthopedic hexapods, unlike the Ilizarov frame, are able to reproduce the kinematics of movements in the knee joint.

**Aim of the study** — to evaluate the effectiveness of orthopedic hexapod for the treatment of patients with knee extension contractures in comparison with the Ilizarov apparatus.

**Methods.** We analyzed 64 cases of combined treatment of extension knee contractures, which were divided into two groups. In the 1<sup>st</sup> group (31 patients) in addition to the soft tissue release, the orthopedic hexapod Ortho-SUV Frame (OSF) was used. In the 2<sup>nd</sup> group (33 patients) the Ilizarov apparatus with a uniaxial hinge was used. In a comparative analysis between groups, the number of flexion-extension cycles, the time required to complete them, and the time needed for complete knee range of motion (ROM) restoration were evaluated. Functional results were assessed using specialized scales-questionnaires KSS, Lysholm, LEFS in 2 days, 6 and 12 mon. after frame dismantling.

**Results.** Comparing the total external fixation period, as well as the time needed for ROM restoration, no significant difference between groups was found ( $p>0.05$ ). When using the orthopedic hexapod, in comparison with the Ilizarov apparatus, fewer flexion-extension cycles were required. When assessing the amplitude of movements in 12 mon. in the first group, excellent results were found in 27 patients and good results in 4. In the second group, in all 33 patients good ROM was evaluated. On average, the ROM in the 1<sup>st</sup> group was 20° more than in the 2<sup>nd</sup> group. The knee function in 12 mon. was 16 points higher on the KSS in the 1<sup>st</sup> group, 5 points higher on the Lysholm scale, and 15 points higher on the LEFS scale than in the 2<sup>nd</sup> group. When analyzing the frequency of complications, no significant differences were found ( $p>0.05$ ).

**Conclusions.** The results obtained indicate the effectiveness of the orthopedic hexapod in the treatment of patients with knee extension contractures.

**Keywords:** knee joint stiffness, knee joint contracture, quadricepsplasty, external fixation, Ilizarov apparatus, orthopedic hexapod.

**Cite as:** Rokhoeff S.A., Chugaev D.V., Solomin L.N. [Treatment of Extension Knee Contractures with Ilizarov Apparatus Versus Orthopedic Hexapod Ortho-SUV Frame]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):7-19. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1756>.

✉ Saigidula A. Rokhoeff; e-mail: 09saga@mail.ru

Submitted: 12.03.2022. Accepted: 07.04.2022. Published Online: 27.04.2022.

© Rokhoeff S.A., Chugaev D.V., Solomin L.N., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Формирование разгибательной контрактуры коленного сустава после перелома бедренной кости отмечается в 20–38% случаев [1, 2, 3, 4]. Возникшее ограничение сгибания в коленном суставе в значительной степени ухудшает качество жизни пациентов [5, 6, 7]. Наиболее часто для устранения разгибательных контрактур используется квадрицепспластика — мягкотканное вмешательство, направленное на устранение рубцов и спаек с восстановлением скользящих свойств четырехглавой мышцы (ЧГМ) [8, 9, 10, 11]. Однако при длительно существующих контрактурах возникают стойкие вторичные изменения в мягких тканях, их сокращение и частичное рубцовое перерождение [12, 13]. В подобных случаях попытки одномоментного устранения контрактуры с целью достижения необходимой амплитуды движений опасны повреждением сухожилия ЧГМ, отрывным переломом надколенника или бугристости большеберцовой кости [14, 15, 16, 17]. Во избежание данных осложнений мягкотканый этап операции дополняют применением аппарата внешней фиксации (АВФ), наиболее часто — аппарата Илизарова [18, 19, 20, 21]. Известно, что одноосевой шарнирный механизм не позволяет воспроизвести кинематику движений в коленном суставе [22, 23, 24]. Однако это возможно при использовании ортопедических гексаподов [25, 26, 27, 28].

Исходя из этого, *целью исследования* было оценить эффективность применения ортопедиче-

ского гексапода для лечения пациентов с разгибательными контрактурами коленного сустава в сравнении с аппаратом Илизарова.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Выполнено ретро- и проспективное когортное нерандомизированное исследование.

### Пациенты

Все пациенты, включенные в исследование, проходили лечение в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» в период с 2003 по 2021 г. Проанализировано 64 случая комбинированного (мягкотканый релиз и АВФ) лечения разгибательных контрактур коленного сустава, сформировавшихся в результате внесуставных переломов бедренной кости.

Первую (основную) группу составил 31 пациент, у которых после мягкотканного этапа операции для лечения контрактуры был использован ортопедический гексапод Орто-СУВ [29]. Из них 19 пациентов проанализированы ретроспективно и 12 — проспективно. Во вторую группу (группа сравнения) вошли 33 пациента, у которых после мягкотканного релиза применялся аппарат Илизарова с одноосевой шарнирной системой. Обе группы были сопоставимы по полу, возрасту, локализации перелома и методу его лечения, давности существования контрактуры, а также дооперационной амплитуде движений ( $p > 0,05$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пациентов обеих групп (Me [Q25; Q75])

Показатель	Первая группа (Орто-СУВ)	Вторая группа (аппарат Илизарова)
Количество пациентов, <i>n</i>	31	33
Возраст, лет	33 [18; 55]	35 [19; 57]
Пол, м/ж	21 (67,8%) / 10 (32,2%)	20 (60,6%) / 13 (39,9%)
Классификация переломов по АО/ОТА:		
32-	10 (32,3%)	14 (42,4%)
33-А2 и А3	21 (67,7%)	19 (57,6%)
Метод лечения перелома	Консервативное лечение	14 (42,4%)
	МОС пластиной	9 (29,0%)
	АВФ	4 (12,9%)
	БИОС	2 (6,5%)
	ПО	4 (12,9%)
Длительность существования контрактуры		
2 года	12 (38,7%)	15 (45,4%)
3 года	15 (48,3%)	15 (45,4%)
4 года	4 (12,9%)	3 (9,1%)
Амплитуда движений до операции, град.	20 [15; 35]	30 [20; 35]

МОС — металлостеосинтез; БИОС — блокируемый интрамедуллярный остеосинтез; ПО — последовательный остеосинтез.

К сожалению, детализировать типы и тем более группы диафизарных и подгруппы внесуставных переломов, последствия которых привели к возникновению контрактуры, не представлялось возможным.

### Хирургическая техника

В обеих группах первым этапом выполняли квадрицепспластику по типу Томпсона, модифицированную S.V. Hanh с соавторами [30]. Через линейный разрез по передне-латеральной поверхности осуществляли доступ к головкам, сухожилию ЧГМ и надколеннику (рис. 1 а). Освобождали от спаек полость сустава и связку надколенника от фиброзно-измененной клетчатки Гоффа, после чего мобилизовали прямую мышцу бедра на всем протяжении до верхней трети бедра. Промежуточная мышца, как правило, представляла собой гипотрофический рубцово-перерожденный тяж, который всегда иссекали. И только если после мягкотканного этапа операции необходимая амплитуда не была достигнута (рис. 1 б), т.е. основной причиной контрактуры была ретракция ЧГМ, приступали к наложению АВФ на коленный сустав.

В обеих группах при наложении АВФ использовали две опоры на бедре (сектор и кольцо) и одну кольцевую опору на голени. Чрескостные элементы, спицы и стержни-шурупы вводили в проекции т.н. «Рекомендуемых позиций — РП» [31].

Была использована компоновка гексапода Орто-СУВ, специально разработанная для лечения контрактур коленного сустава [32]. Ее особенностями являлось то, что базовая опора была установлена в сагиттальной плоскости под углом  $60^\circ$  к анатомической оси бедренной кости, а мобильная — под углом  $120^\circ$  к анатомической оси большеберцовой кости. Для фиксации страты №1 использовали дополнительный выносной сектор (рис. 2 а).

На следующие сутки после операции выполняли рентгенографию коленного сустава в двух

проекциях. В программе графического редактора Adobe Photoshop 2020 (Adobe Systems, Inc.) на боковую рентгенограмму накладывали специально разработанный шаблон с отмеченными мгновенными центрами вращения коленного сустава и углами ротации (рис. 2 б). При расчете в компьютерной программе SUV-Software v.7.2 задавали дистракцию 5–7 мм и с использованием программной опции «многоэтапная коррекция» проводили расчет сгибания до угла  $120^\circ$  с интервалами по  $10^\circ$  (рис. 2 с). Также при расчете добавляли внутреннюю ротацию большеберцовой кости при углах сгибания 10, 30, 60, 90 и  $120^\circ$ . Был выбран темп сгибания  $2,5^\circ$  в сутки за 4 приема, вследствие чего программа рассчитывала изменение длины страт для выполнения  $10^\circ$  сгибания за 4 дня.

Дистракцию начинали с 3–7-х сут., после чего следовал период пассивно-активной разработки движений. Пассивно-активная разработка движений включала выполнение циклов пассивного сгибания-разгибания голени с использованием ортопедического гексапода. При этом активные упражнения начинали после выполнения первого полного цикла пассивных сгибания-разгибания при помощи ортопедического гексапода. Для разработки активных движений страты № 2, 4 и 6 временно открепляли от мобильной опоры. Вновь закрепив страты пациентам, в качестве упражнений рекомендовали касаться пальцами руки кончиков пальцев ноги и поднимать вес нижней конечности вначале с помощью троса, а в последующем — без него. Активные упражнения для сгибателей голени выполнялись ежедневно в течение 30–40 мин. с интервалом 5–6 ч. Циклы повторяли до тех пор, пока амплитуда активных движений в коленном суставе не достигнет угла  $90^\circ$ . Начальный темп сгибания в зависимости от болевого синдрома мог быть ускорен или замедлен. Как правило, темп сгибания-разгибания для каждого последующего цикла был больше предыдущего.

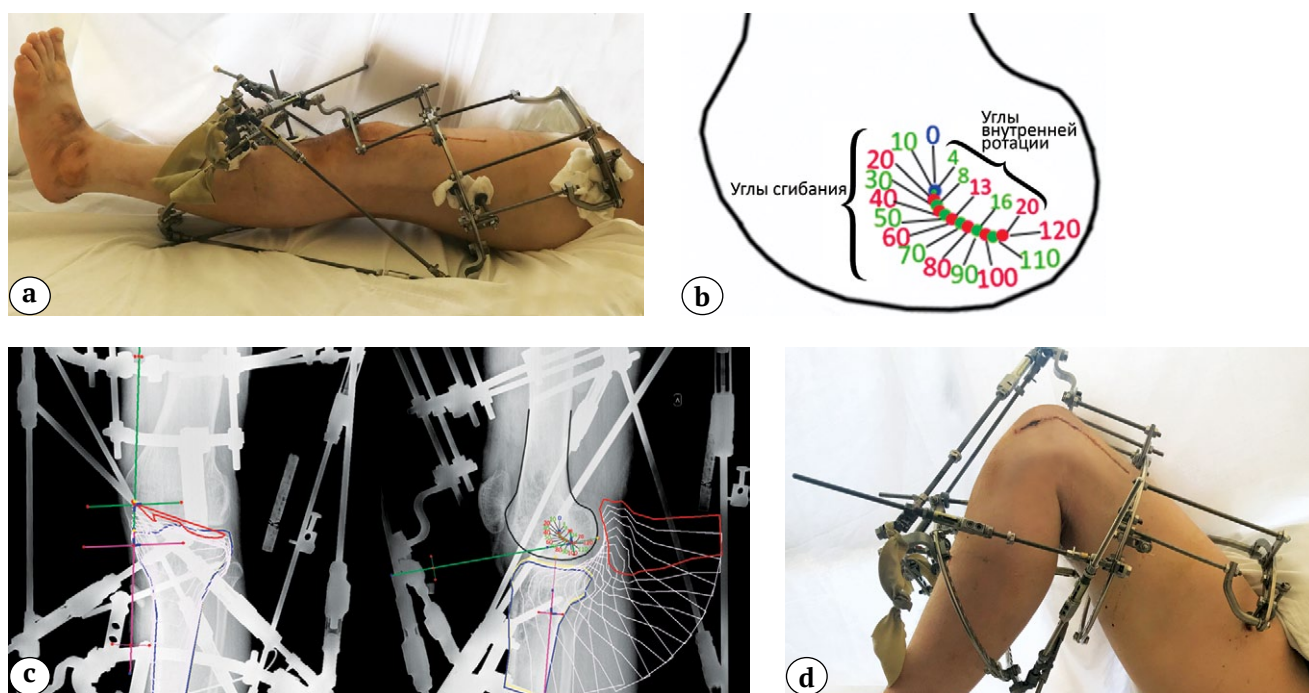


**Рис. 1.** Мягкотканый этап операции:

а — внешний вид после релиза; б — во время операции достигнут угол сгибания  $65^\circ$

**Fig. 1.** Soft tissue procedure:

а — after soft tissue release; б — maximal flexion  $65^\circ$



**Рис. 2.** Применение ортопедического гексапода Орто-СУВ:  
 а – вид нижней конечности до начала разработки движений;  
 б – специально разработанный шаблон с отмеченными мгновенными центрами вращения и величинами ротации;  
 с – расчет движений в компьютерной программе;  
 д – конечность при максимально достигнутом сгибании

**Fig. 2.** Usage of Ortho-SUV Frame (OSF) hexapod:  
 а – after frame applying;  
 б – the template, in which accordance the movements in the knee joint were modelled;  
 с – OSF software window;  
 д – maximal flexion achieved

Для предотвращения феномена рикошета (снижения амплитуды движений вследствие ретракции мягких тканей) в послеоперационном периоде, по достижению активной амплитуды движений 70–80°, посуточно чередовали фиксацию коленного сустава на ночь в положении максимально возможного сгибания и разгибания. Демонтаж АВФ выполняли после того, как пациент самостоятельно мог согнуть коленный сустав до угла сгибания 90°.

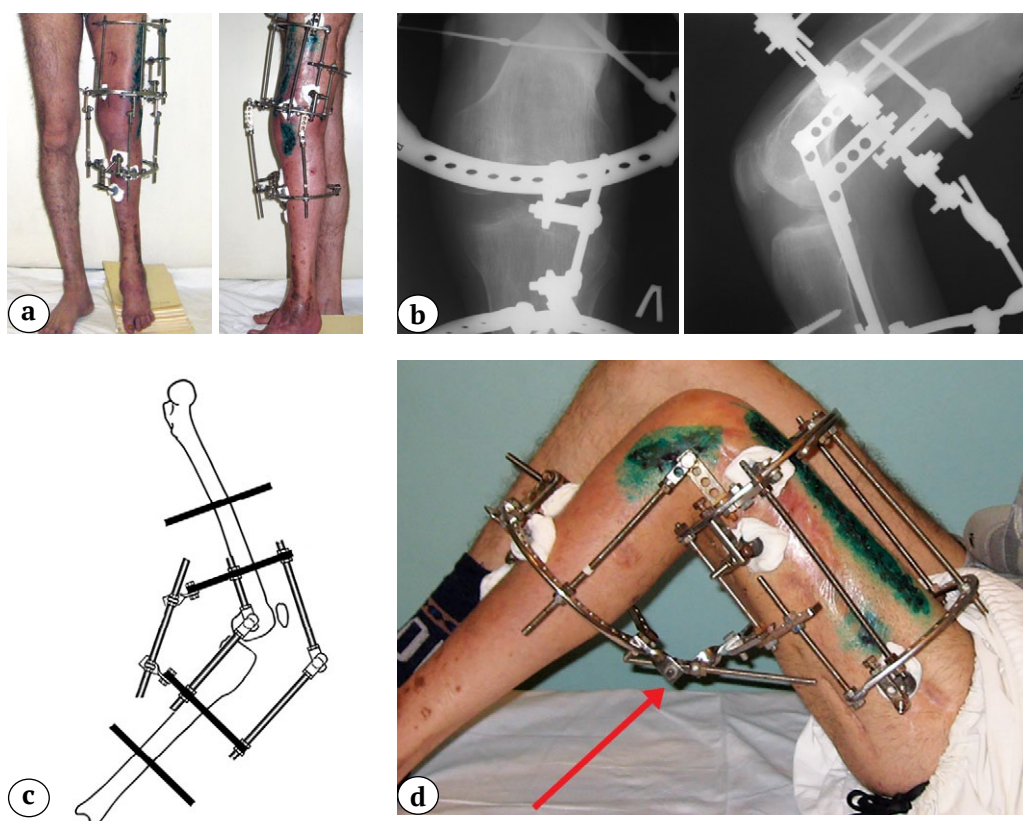
Во второй группе (аппарат Илизарова) компоненты включали базовую опору, установленную в проекции нижней трети бедра, и мобильную опору, установленную в проекции верхней трети голени. Во фронтальной плоскости опоры ориентировали перпендикулярно общей механической оси. В сагиттальной плоскости базовую и мобиль-

ную опоры ориентировали перпендикулярно анатомическим осям бедренной и большеберцовой костей. Осевые шарниры устанавливали под ЭОП-контролем в проекции оси сгибания-разгибания коленного сустава [33]. Пассивные движения осуществляли при помощи поворотных шарниров (рис. 3).

Послеоперационное ведение не отличалось от использованного в первой группе. Для выполнения активных упражнений осевые шарниры разъединяли.

После демонтажа АВФ пациенты обеих групп продолжали комплексное реабилитационное лечение, которое включало проведение лечебной физкультуры, низкочастотной магнитотерапии, массажа и механотерапии.





**Рис. 3.** Использование аппарата Илизарова:  
 а — внешний вид после наложения аппарата; б — рентгенограммы коленного сустава в процессе лечения;  
 с — схема установки осевых и поворотных шарниров; д — разработка движений, дальнейшему сгибанию  
 препятствует столкновение колец и поворотных шарниров

**Fig. 3.** Usage of Ilizarov apparatus:  
 a — after frame applying; б — X-ray during treatment; с — axial and swivel hinges; д — ring-to-ring collision

### Сравнение результатов

При сравнительном анализе между группами оценивали длительность периода разработки движений (ПРД) в АВФ, количество циклов сгибания-разгибания и время, потраченное на их выполнение (продолжительность цикла), а также амплитуду движений в суставе. Конечные результаты амплитуды движений оценивали как отличные при 110° и более, хорошие — при 90–109°, удовлетворительные — при 60–89° и неудовлетворительные — при 60° и менее. Для оценки связи осложнений с результатами лечения использовали классификацию J. Caton (1991) [34]. Для оценки функции коленного сустава и нижней конечности в целом использовались шкалы-опросники KSS [35], Lysholm и LEFS. Оценку проводили на следующих этапах: до операции, на 2-е сутки после демонтажа АВФ, через 6 и 12 мес. с момента демонтажа АВФ. У 12 проспективных пациентов из основной группы дополнительно оценка была проведена на сроке 3 и 9 мес. после демонтажа АВФ.

### Статистический анализ

Регистрацию полученных данных осуществляли в электронных таблицах Microsoft Excel. Статистический анализ данных проводили с использованием программы Statistica v.10. Анализ нормальности распределения проводили с использованием критерия Шапиро–Уилка. Распределение большинства изучаемых числовых переменных отличалось от нормального, поэтому использовали непараметрические методы статистического анализа. Для оценки количественных параметров в двух независимых группах применяли U-критерий Манна–Уитни. Как принято при использовании непараметрических методов, количественные данные представляли в виде медианы, нижних и верхних квартилей. Для вычисления связи между количественными параметрами использовали коэффициент корреляции Спирмена. Сопоставление частотных характеристик номинальных данных выполняли при помощи критерия  $\chi^2$  (с поправкой Йетса для малых когорт)

и критерий Фишера. Оценка зависимых выборок в одной и той же группе и изучение показателей в динамике после оперативного лечения выполняли с использованием критериев Вилкоксона и Фридмана.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

При сравнении периода разработки движений и периода использования АВФ в обеих группах не было выявлено статистически значимого различия ( $p > 0,05$ ) (табл. 2).

В первой группе, где применялся ортопедический гексапод Орто-СУВ, угол активного сгибания 90° был достигнут в 5 (16,2%) случаях за 4 цикла, в 24 (77,4%) случаях за 5 циклов и в 2 (6,4%) случаях за 6 циклов. Во второй группе в 12 (36,4%) случаях для достижения активного угла сгибания 90° потребовалось выполнение 6 циклов и в 21 (63,6%) случае 7 циклов сгибания-разгибания (табл. 3). При сравнении продолжительности циклов выявлено статистически значимое различие при первом, втором и третьем циклах ( $p \leq 0,05$ ). Как видно из таблицы 3, на первые три цикла во второй группе было потрачено меньше времени, чем в первой группе. По окончании четвертого цикла средняя продолжительность в обеих группах сравнялась ( $p > 0,05$ ), при этом средняя активная амплитуда движений в первой группе оставалась статисти-

чески значимо большей ( $p < 0,05$ ), чем во второй группе. По окончании пятого цикла средний показатель потраченного времени в первой группе был меньше ( $p < 0,05$ ), а средняя активная амплитуда движений также была статистически значимо больше, чем во второй группе ( $p < 0,05$ ).

Максимальное значение достигнутого угла сгибания при использовании ортопедического гексапода на каждом цикле составило в среднем 115° (110; 115), что на 25° больше, чем в группе сравнения, где максимальный угол сгибания в среднем был равен 90° (90; 90) ( $p < 0,05$ ). При сравнении амплитуда движений на 2-е сутки, а также через 12 мес. с момента демонтажа АВФ была статистически значимо меньше в группе, где использовался аппарат Илизарова ( $p < 0,05$ ). Через 12 мес. после демонтажа АВФ в первой группе отличная амплитуда движений была зарегистрирована у 27 (87,1%) пациентов и хорошая — у 4 (12,9%). Во второй группе во всех 33 (100%) случаях амплитуда движений была оценена как хорошая (табл. 4).

В первой группе при корреляционном анализе была выявлена прямая сильная связь максимально достигнутого сгибания в АВФ с амплитудой движений, достигнутой через 12 мес. ( $p < 0,05$ ;  $r = 0,877$ ). Во второй группе отмечена прямая умеренная связь ( $p < 0,05$ ;  $r = 0,715$ ).

Таблица 2

**Временные характеристики обеих групп, дни (Me [Q25; Q75])**

Период	Первая группа (Орто-СУВ)	Вторая группа (аппарат Илизарова)
Латентный период	3 [2; 4]	3 [2; 3]
Период distraction	4 [3; 4]	5 [4; 5]
Период разработки движений	99 [91; 107]	110 [88; 119]
Период использования АВФ	108 [99; 120]	109 [98; 114]

Таблица 3

**Количественные данные циклов сгибания-разгибания в обеих группах (Me [Q25; Q75])**

№ цикла	Первая группа (Орто-СУВ)			Вторая группа (аппарат Илизарова)			<i>p</i>	
	<i>n</i> / <i>%</i>	ПЦ, дни	АДС, град.	<i>n</i> / <i>%</i>	ПЦ, дни	АДС, град.	ПЦ, дни	АДС, град.
1	31/100	39 [37; 41]	40 [25; 50]	33/100	32 [30; 34]	30 [20; 35]	<0,05	<0,05
2	31/100	28 [26; 30]	55 [45; 60]	33/100	25 [22; 26]	45 [40; 45]	<0,05	<0,05
3	31/100	19 [16; 23]	65 [55; 70]	33/100	17 [16; 18]	55 [50; 60]	<0,05	<0,05
4	31/100	11 [9; 13]	80 [70; 85]	33/100	11 [10; 13]	65 [60; 70]	>0,05	<0,05
5	24/77,4	4 [4; 5]	92 [90; 95]	33/100	7 [6; 8]	75 [75; 85]	<0,05	<0,05
6	2/6,4	2,5 [2; 3]	92 [90; 95]	33/100	5 [3; 7]	85 [85; 90]	–	–
7	–	–	–	21/63,6	3 [3; 4]	90 [90; 90]	–	–

*n* — количество пациентов; ПЦ — продолжительность цикла в сутках; АДС — амплитуда движений в суставе.



Таблица 4

**Амплитуда движений в коленном суставе в различные сроки, град. (Me [Q25; Q75])**

Срок наблюдения	Первая группа (Орто-СУВ)	Вторая группа (аппарат Илизарова)	<i>p</i>
До операции	20 [15; 35]	30 [20; 35]	>0,05
После релиза	55 [50; 70]	60 [55; 70]	>0,05
Перед демонтажом АВФ	115 [110; 115]	90 [90; 90]	<0,05
2-е сут. после демонтажа	90 [90; 95]	90 [90; 90]	<0,05
Через 6 мес.	105 [100; 110]	95 [90; 95]	<0,05
Через 12 мес.	115 [110; 120]	95 [90; 95]	<0,05

Средние балльные значения по шкалам KSS и Lysholm на 2-е сутки после демонтажа АВФ были статистически значимо меньше во второй группе ( $p<0,05$ ), при этом по шкале LEFS значимой разницы не наблюдалась ( $p>0,05$ ). По прошествии 6 и 12 мес. с момента демонтажа АВФ средние балльные значения по шкалам KSS, Lysholm и LEFS были статистически значимо меньше во второй группе ( $p<0,05$ ) (табл. 5).

Спустя 12 мес. в первой группе по шкале KSS отличные результаты отмечены у всех пациентов, во второй группе — у 10 (30,3%) пациентов отличные результаты и у 23 (69,7%) хорошие. По шкале Lysholm в первой группе отличная функция наблюдалась в 29 (93,5%) случаях, хорошая функция — в 2 (6,4%), во второй группе отличные результаты были зарегистрированы у 9 (27,2%) пациентов, хорошие — в 24 (72,8%). По шкале LEFS в первой группе во всех случаях отмечено незначительное ограничение функции

нижней конечности, во второй группе аналогичный результат отмечен у 15 (45,4%) пациентов, в 18 (54,6%) случаях отмечено умеренное ограничение функции.

Показатели динамики средней амплитуды движений и средней суммы баллов у проспективных пациентов первой группы представлены в таблице 6. При оценке динамики средней амплитуды движений в первой группе с момента операции отмечается ее увеличение и достижение отличных результатов по прошествии 9 мес. с момента демонтажа АВФ. При оценке динамики изменения средних баллов по шкале KSS спустя 6 мес. после демонтажа АВФ отмечается отличная функция коленного сустава. По шкале Lysholm отличная функция коленного сустава достигнута по прошествии 9 мес. с момента демонтажа АВФ. По шкале LEFS ограничение функции нижней конечности как незначительное отмечено спустя 6 мес. с момента демонтажа АВФ.

Таблица 5

**Результаты оценки функции по шкалам в различные сроки, баллы (Me [Q25; Q75])**

Срок наблюдения	KSS		Lysholm		LEFS	
	Первая группа (Орто-СУВ)	Вторая группа (аппарат Илизарова)	Первая группа (Орто-СУВ)	Вторая группа (аппарат Илизарова)	Первая группа (Орто-СУВ)	Вторая группа (аппарат Илизарова)
До операции	58 [48; 62]	60 [54; 63]	47 [44; 53]	50 [42; 55]	28 [24; 30]	27 [24; 31]
	$p>0,05$		$p>0,05$		$p>0,05$	
2-е сут. после демонтажа	74 [71; 76]	68 [67; 70]	81 [76; 81]	77 [75; 81]	50 [48; 54]	51 [47; 53]
	$p<0,05$		$p<0,05$		$p>0,05$	
Спустя 6 мес.	85 [82; 86]	78 [76; 81]	88 [88; 91]	86 [79; 86]	66 [64; 70]	58 [57; 61]
	$p<0,05$		$p<0,05$		$p<0,05$	
Спустя 12 мес.	95 [94; 97]	79 [77; 83]	95 [92; 99]	90 [86; 91]	74 [72; 75]	59 [58; 64]
	$p<0,05$		$p<0,05$		$p<0,05$	

Таблица 6

## Динамика изменения средней амплитуды движений и баллов по шкалам (Me [Q25; Q75])

Срок наблюдения	Амплитуда движений, град.	KSS, баллы	Lysholm, баллы	LEFS, баллы
До операции	27,5 [17,5; 40,0]	58,0 [56,0; 62,0]	50,0 [45,5; 63,0]	28,0 [24,0; 29,5]
После релиза	55,0 [47,5; 67,5]	–	–	–
После демонтажа АВФ	95,0 [95,0; 95,0]	74,0 [72,0; 76,5]	79,0 [76,0; 81,0]	51,5 [47,5; 55,5]
Спустя 3 мес.	100,0 [97,5; 102,5]	80,0 [79,5; 81,5]	84,5 [83,0; 86,0]	55,0 [58,0; 59,5]
Спустя 6 мес.	110,0 [105,0; 112,0]	84,0 [82,5; 86,0]	91,0 [88,0; 91,0]	67,5 [62,5; 71,0]
Спустя 9 мес.	115,0 [115,0; 120,0]	93,0 [92,0; 95,0]	97,0 [95,0; 99,0]	71,5 [70,5; 72,5]
Спустя 12 мес.	115,0 [115,0; 125,0]	95,0 [95,0; 96,5]	99,0 [97,0; 99,0]	73,5 [72,5; 75,0]

В первой группе осложнения развились у 14 (45,1%) пациентов, из которых у 12 (38,7%) было отмечено поверхностное воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов (1-я категория). Для его купирования прибегали к местному применению антимикробной мази Левомеколь и пероральному приему антибиотиков. У одной (3,2%) пациентки в послеоперационном периоде произошел ограниченный некроз кожи (2-я категория), из-за чего разработка движений была временно приостановлена для проведения некрэктомии. После вторичного заживления раны разработка была продолжена. Еще у одного (3,2%) пациента разработка была приостановлена из-за инфицирования в области оперативного вмешательства (2-я категория), по поводу которого были выполнены ревизия, санация и дренирование инфекционного очага. В результате гнойно-воспалительный процесс был купирован, а разработка продолжена.

Во второй группе осложнения были выявлены у 17 (51,4%) пациентов, из которых у 16 (48,4%) произошло воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов (1-я категория), которое было купировано консервативными методами. В одном (3%) случае по причине падения пациента произошел перелом чрескостного элемента. Это потребовало его перепроведения (2-я категория), после чего разработка движений была продолжена. При сравнительном анализе осложнений в обеих группах статистически значимая разница не выявлена ( $p > 0,05$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Переломы бедренной кости сопровождаются различной степени повреждениями промежуточной головки ЧГМ [11, 13]. Образовавшаяся вследствие повреждения рубцовая ткань, плотно спаянная с периостальным регенератом, препятствует скольжению ЧГМ и является одной из важнейших причин возникновения контрактуры [10]. Можно предположить что, чем тяжелее

тип и группа перелома, тем больше повреждается ЧГМ. Мы намеренно исключили из исследования пациентов с внутрисуставными переломами (типы 33-B и 33-C), чтобы не рассматривать влияние «артрогенного» компонента контрактур. К сожалению, детализировать типы переломов 32- и подгруппы переломов 33-A2 и 33-A3 не представлялось возможным, т.к. на момент госпитализации имелись признаки полной консолидации фрагментов с ремоделированием костной ткани. Доступные выписки из историй болезни были лишены достаточной информации. Поэтому на основе имеющихся данных можно лишь констатировать, что в обеих группах в большинстве случаев контрактура сформировалась после внесуставных переломов в надмышцелковой области: 33-A2 и 33-A3 согласно классификации АО/ОТА (см. табл. 1). Формирование контрактуры у пациентов обеих групп чаще происходило после консервативного лечения и накостного остеосинтеза. Это соответствует данным литературы. В исследовании Н. Mousavi с соавторами у 11 из 27 пролеченных пациентов (40,7%) разгибательной контрактуры предшествовал перелом в диафизарной части, в 6 (22,3%) случаях — на границе диафиза и надмышцелковой области и в 10 (37%) случаях — в надмышцелковой области бедренной кости. В 13 (48%) случаях имел место простой тип перелома и в 14 (51,9%) случаях фрагментарный. При упоминании предшествующих оперативных вмешательств авторы отметили, что формированию контрактуры в 19 (70,3%) случаях предшествовал остеосинтез пластиной, в 5 (18,5%) — интрамедуллярный остеосинтез и в 2 (7,4%) случаях — чрескостный остеосинтез [36].

В первой группе (ортопедический гексапод) максимальное пассивное сгибание, достигаемое при помощи АВФ, в среднем было больше на 25°, чем во второй группе (аппарат Илизарова) (см. табл. 4). Несмотря на то, что АВФ был демонтирован по достижению 90° активного сгибания,

продолжение реабилитации позволяло достичь той же амплитуды, что была достигнута в АВФ уже к 9-му мес. после его демонтажа (см. табл. 6).

В сравниваемой группе максимальное сгибание в АВФ не превышало 90–95°, так как при этих углах длина резьбового стержня на поворотном шарнире заканчивалась. В группе сравнения АВФ также был демонтирован по достижению 90° активного сгибания. Однако, несмотря на продолжение реабилитационного лечения, амплитуда движений оставалась такой же или превышала ее не более чем на 5°. Через 12 мес. амплитуда движений в первой группе была в среднем на 20° больше, чем во второй. Таким образом, можно предположить, что более высокие показатели амплитуды движений в первой группе напрямую связаны с более высоким показателем максимального сгибания, достигнутого в АВФ.

При анализе литературы мы не обнаружили работ, посвященных использованию ортопедического гексапода для лечения разгибательных контрактур коленного сустава. Для сравнения нам удалось обнаружить только две работы, где сообщается о лечении разгибательной контрактуры при помощи мягкотканного релиза в дополнение к аппарату Илизарова [21, 22].

Так, D.H. Lee с соавторами сообщают о лечении 10 пациентов с разгибательными контрактурами коленного сустава, у которых дооперационная амплитуда движений в среднем была равна 25° (5–35°) [20]. В результате лечения средняя амплитуда движений, зарегистрированная авторами при последних наблюдениях (без указания точного срока наблюдения), составила 93° (85–105°) [21]. Авторы отмечали, что амплитуда движений в итоге была такая же, как на момент демонтажа АВФ или выше, у всех кроме одного пациента. Полученные авторами средние значения амплитуды движений схожи с результатами, полученными нами во второй группе на сроке 12 мес. с момента демонтажа АВФ.

Y. Liu с соавторами сообщили о комбинации мягкотканного релиза с применением аппарата Илизарова при лечении 36 пациентов с разгибательными контрактурами коленных суставов. Амплитуда движений до операции в среднем составила 13,8° (8–19°), после лечения — 102,9° (78–115°), при этом срок оценки результата также не был указан [21]. При сравнении в первой группе нашего исследования показатель средней амплитуды движений был выше, чем у Y. Liu и соавторов, но во второй группе этот же показатель был меньше. Более высокие показатели у Y. Liu с соавторами, вероятно, связаны с применением специальных пружинных толкательных шарниров, фиксируемых к опорам по передней стороне, что позволяло им достичь большего угла сгибания в АВФ.

Анализ циклов сгибания-разгибания показал, что в первой группе после каждого цикла амплитуда активных движений была больше, чем во второй группе. При этом во второй группе для выполнения первых трех циклов было потрачено меньше времени, чем в первой. Для достижения активной амплитуды движений 90° в первой группе потребовалось выполнить меньшее количество циклов, чем в группе сравнения. Вероятно, поэтому средние величины периода разработки движений и периода использования АВФ значительно не различались.

Количество дней, потраченных на выполнение 1-го, 2-го и 3-го циклов сгибания-разгибания, в первой группе было значительно больше, поскольку чем больший угол сгибания достигался в АВФ, тем больше времени для этого требовалось. Однако к 4-му циклу данный показатель сравнялся. На выполнение 5-го цикла в первой группе потребовалось уже меньше времени, чем во второй. При этом 5 пациентов из первой группы после 4-го цикла уже достигли активного сгибания 90°. Шестые циклы не могли быть сравнены из-за большой разницы в количестве пациентов (2 — в первой группе и 33 — во второй). Выполнение шести циклов двум пациентам из первой группы потребовалось вследствие временной приостановки разработки движений из-за возникших осложнений. Во второй группе у 12 пациентов после 6-го цикла необходимая амплитуда была достигнута. Остальные пациенты достигли угла активного сгибания 90° после 7-го цикла. При достижении большего угла сгибания в АВФ происходит большее растяжение ЧГМ и, как следствие, лучшая функция. Вероятно, поэтому в основной группе понадобилось выполнение меньшего количества циклов для достижения активной амплитуды 90°.

При сравнении с данными обеих групп нашего исследования можно отметить, что D.H. Lee с соавторами дольше использовали АВФ (в среднем 125 дней). При этом никакого описания выполнения циклов сгибания-разгибания и оценки по функциональным шкалам авторами представлено не было [20].

В работе Y. Liu с соавторами не предоставлено описания особенностей проведения циклов сгибания-разгибания за исключением упоминания о том, что амплитуда активных движений 60° была достигнута в среднем за 28,5±4,3 дней. Эти данные свидетельствуют о более высоких временных и функциональных характеристиках, нежели характеристики первого цикла обеих групп нашего исследования. При этом необходимо отметить, что значения амплитуды, достигнутой после мягкотканного этапа операции у Y. Liu с соавторами, были выше, чем в обеих группах нашего исследования. Данные о периоде

использования аппарата Илизарова авторами не были предоставлены [21].

С момента демонтажа АВФ в обеих группах отмечалось увеличение средних баллов по функциональным шкалам KSS и Lysholm, однако во второй группе средние баллы были значимо меньше. По результатам заполнения шкалы-опросника KSS самими пациентами и лечащим врачом были определены причины меньшей величины средней суммы баллов во второй группе. Разница в основном была обусловлена меньшей амплитудой движений и признаками перерастяжения капсульно-связочных структур коленного сустава. Функция нижней конечности по шкале LEFS на момент демонтажа АВФ в обеих группах не отличалась. Однако спустя 6 и 12 мес. разница была значимо ниже во второй группе, что, вероятно, связано с причинами, указанными выше.

Нами была получена бóльшая частота осложнений в обеих группах по сравнению с данными D.H. Lee с соавторами, которые указывали, что воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов (1-я категория осложнений) отмечалось у 2 (20%) из 10 пациентов. Возможно, это

связано с недостоверной статистикой ввиду малого количества наблюдений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка движений в коленном суставе с использованием ортопедического гексапода позволяет достичь большего угла сгибания и требует выполнения меньшего количества циклов сгибания-разгибания. Однако сравнительный анализ периодов разработки движений и общего времени использования АВФ в обеих группах показал, что гексапод не имеет значимых преимуществ перед аппаратом Илизарова. Показатели функции коленного сустава при использовании ортопедического гексапода выше, чем при использовании аппарата Илизарова, что обусловлено способностью гексапода обеспечивать бóльшую амплитуду движений в соответствии с его естественной кинематикой. Полученные результаты исследования позволяют заключить, что применение ортопедического гексапода для разработки движений является эффективным методом лечения разгибательных контрактур коленного сустава, который может широко использоваться в клинической практике.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Рохоев С.А.* — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных, статистическая обработка полученных данных, подготовка текста.

*Чугаев Д.В.* — сбор и обработка материала, анализ и интерпретация полученных данных.

*Соломин Л.Н.* — координация участников исследования, разработка концепции и дизайна исследования, редактирование.

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.

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

**Этическая экспертиза.** Не применима.

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

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Rokhoyev S.A.* — the collection and processing of material, analysis and statistical processing of data, data statistical processing, manuscript writing.

*Chugaev D.V.* — the collection and processing of material, analysis and statistical processing of data.

*Solomin L.N.* — study coordination, research conception and design, text editing.

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.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Апагуни А.Э. Ошибки и осложнения оперативного лечения диафизарных переломов бедренной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2005;(1):38-39. Apaguni A.Je. [Mistakes and complications of surgical treatment of diaphyseal fractures of the femur]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2005;(1):38-39. (In Russian).
2. Gomes J.L., Ruthner R.P., Moreira L. Femoral pseudoarthrosis and knee stiffness: long-term results of a one-stage surgical approach. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130(2):277-283. doi: 10.1007/s00402-009-0938-1.
3. Гримайло Н.С. Алгоритм оперативного лечения переломов дистального отдела бедренной кости. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация*. 2013;23(18(161)):45-48. Grimailo N.S. [Algorithm of operative treatment of distal femur fractures]. *Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya* []. 2013;23(18(161)):45-48 (In Russian).
4. Razaq M.N.U., Muhammad T., Ahmed A., Adeel, Ahmad S., Ahmad S., Sultan S. Outcomes Of Distal Femur Fracture Treated With Dynamic Condylar Screw. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2016;28(2):259-261.
5. Fitzsimmons S.E., Vazquez E.A., Bronson M.J. How to treat the stiff total knee arthroplasty?: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(4):1096-1106. doi: 10.1007/s11999-010-1230-y.
6. Attias M., Chevalley O., Bonnefoy-Mazure A., De Coulon G., Cheze L., Armand S. Effects of contracture on gait kinematics: A systematic review. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2016;33:103-110. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.02.017.
7. Ding B.T.K., Khan S.A. The judet quadricepsplasty for elderly traumatic knee extension contracture: a case report and review of the literature. *Biomedicine (Taipei)*. 2019;9(3):21. doi: 10.1051/bmdcn/2019090321.
8. Ebrahimzadeh M.H., Birjandi-Nejad A., Ghorbani S., Khorasani M.R. A modified Thompson quadricepsplasty for extension contracture resulting from femoral and periarticular knee fractures. *J Trauma*. 2010;68(6):1471-1475. doi: 10.1097/TA.0b013e3181bdcdcc.
9. Oliveira V.G., D'Elia L.F., Tirico L.E., Gobbi R.G., Pecora J.R., Camanho G.L. et al. Judet quadricepsplasty in the treatment of posttraumatic knee rigidity: long-term outcomes of 45 cases. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;72(2):E77-80. doi: 10.1097/ta.0b013e3182159e0a.
10. Pujol N., Boisrenoult P., Beaufiles P. Post-traumatic knee stiffness: surgical techniques. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(1 Suppl):S179-186. doi: 10.1016/j.otsr.2014.06.026.
11. Persico F., Vargas O., Fletscher G., Zuluaga M. Treatment of extraarticular knee extension contracture secondary to prolonged external fixation by a modified Judet quadricepsplasty technique. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2018;13(1):19-24. doi: 10.1007/s11751-017-0302-x.
12. Ирисметов М.Э. Хирургическое лечение стойких разгибательных контрактур коленного сустава. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2010;(3):31-34. Irismetov M.E. [Surgical treatment of persistent extension contractures of the knee joint]. *Ortopediya, Travmatologiya i Protezirovaniye* [Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics]. 2010;(3):31-34. (In Russian).
13. Барков А.В., Барков А.А. Способ капсулопластики при устранении стойких разгибательных контрактур коленного сустава. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2013;(2):25-27. Barkov A.V., Barkov A.A. [Method of capsuloplasty in the elimination of persistent extensor contractures of the knee joint]. *Ortopediya, Travmatologiya i Protezirovaniye*. [Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics]. 2013;(2):25-27. (In Russian).
14. Kundu Z., Sangwan S., Guliani G., Siwach R., Kamboj P., Singh R. Thompson's quadricepsplasty for stiff knee. *Indian J Orthop*. 2007;41(4):390-394. doi: 10.4103/0019-5413.37004.
15. Hahn S.B., Choi Y.R., Kang H.J., Lee S.H. Prognostic factors and long-term outcomes following a modified Thompson's quadricepsplasty for severely stiff knees. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(2):217-221. doi: 10.1302/0301-620X.92B2.22936.
16. Mousavi H., Mir B., Safaei A. Evaluation of Thompson's quadricepsplasty results in patients with knee stiffness resulted from femoral fracture. *J Res Med Sci*. 2017;22:50. doi: 10.4103/1735-1995.205237.
17. Khan L., Ahmad S., Qadir I., Zaman A. U., Aziz A. Functional outcome of judet's quadriceptoplasty in posttraumatic stiff knees. *Prof Med J*. 2021;28(12):1783-1787. doi: 10.29309/TPMJ/2021.28.12.3938.
18. Плаксейчук Ю.А., Салихов Р.З., Соловьев В.В. Опыт применения дистракционных аппаратов в хирургическом лечении спастических контрактур коленного сустава. *Практическая медицина*. 2014;2(4):115-117. Plakseichuk Ju.A., Salihov R.Z., Solov'ev V.V. [Experience in the use of distraction devices in the surgical treatment of spastic contractures of the knee joint]. *Prakticheskaya meditsina* [Practical Medicine]. 2014;2(4):115-117. (In Russian).
19. Tuncay I., Solomin L. Joint contracture management with external fixators. In: *Advanced Techniques in Limb Reconstruction Surgery*. Springer-Verlag: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 191-221. doi: 10.1007/978-3-642-55026-3\_11.
20. Lee D.H., Kim T.H., Jung S.J., Cha E.J., Bin S.I. Modified judet quadricepsplasty and Ilizarov frame application for stiff knee after femur fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):709-715. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181c80bb9.
21. Liu Y., Shi P., Li J., Li H., Dong S. Treatment of traumatic knee stiffness with Ilizarov stretcher. *Res Square*. (Preprint). Available from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-21353/v1>. doi: 10.21203/rs.3.rs-21353/v1.
22. Sommers M.B., Fitzpatrick D.C., Kahn K.M., Marsh J.L., Bottlang M. Hinged external fixation of the knee: intrinsic factors influencing passive joint motion. *J Orthop Trauma*. 2004;18(3):163-169. doi: 10.1097/00005131-200403000-00007.
23. Postolka B., Schütz P., Fucntese S.F., Freeman M.A.R., Pinskerova V., List R. et al. Tibio-femoral kinematics of the healthy knee joint throughout complete cycles of gait activities. *J Biomech*. 2020;110:109915. doi: 10.1016/j.jbiomech.2020.109915.
24. Coles L.G., Gheduzzi S., Miles A.W., Gill H.S. Kinematics of the natural and replaced knee. In: *Total Knee Arthroplasty*. Ed. by E.C. Rodríguez-Merchán, S. Oussedik. London: Springer; 2015. p. 7-19.



25. Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Утехин А.И. Разработка оптимальной компоновки аппарата Орто-СУВ для разработки движений в коленном суставе. *Травматология и ортопедия России*. 2009;4(54):21-26. Solomin L.N., Korchagin K.L., Utekhin A.I. [Investigation of the Ortho-SUV frame optimal assembly for working out motions in the knee joint]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2009;4(54):21-26. (In Russian).
26. Massobrio M., Mora R. Hexapod External Fixator Systems: Principles and Current Practice in Orthopaedic Surgery. Rome: Springer Nature; 2021. 313 p.
27. Рохоев С.А., Соломин Л.Н. Использование метода чрескостного остеосинтеза при лечении контрактур коленного сустава у взрослых пациентов: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(1):185-197. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-185-197. Rokhoyev S.A., Solomin L.N. [Usage of the method of external fixation in the treatment of adult patients with knee joint stiffness: literature review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(1):185-197. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-185-197. (In Russian).
28. Solomin L.N. Hexapod External Fixators in Articular Stiffness Treatment. In: *Hexapod External Fixator Systems*. Ed. by Massobrio M., Mora R. Springer, Cham; 2021. p. 199-238. doi: 10.1007/978-3-030-40667-7\_10.
29. Соломин Л.Н., Утехин А.И., Виленский В.А. Орто-СУВ аппарат: чрескостный аппарат, работа которого основана на компьютерной навигации. *Гений ортопедии*. 2011;(2):148-156. Solomin L.N., Vilenskiy V.A., Utekhin A.I. [Ortho-SUV frame: external fixator working on the basis of computer navigation]. *Genij Ortopedii*. 2011;(2):161-169. (In Russian).
30. Hahn S.B., Lee W.S., Han D.Y. A modified Thompson quadricepsplasty for the stiff knee. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(7):992-995. doi: 10.1302/0301-620x.82b7.10590.
31. Соломин Л.Н. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза. В кн.: *Основы чрескостного остеосинтеза*. Под ред. Л.Н. Соломина. Москва: БИНОМ; 2014. Т.1. С. 45-55. Solomin L.N. [Method of Unified Designation of External Fixation]. In: *Osnovy chreskostnogo osteosinteza* [The Basic Principles of External Skeletal Fixation]. Ed. by L.N. Solomin. Moscow: BINOM; 2014. Vol.1. p. 45-55. (In Russian).
32. Рохоев С.А., Соломин Л.Н., Старчик Д.А., Демин А.С. Усовершенствование компоновок ортопедического гексапода Орто-СУВ, используемых для лечения пациентов с контрактурами коленного сустава (экспериментальное исследование). *Современные проблемы науки и образования*. 2022;(2):12. doi: 10.17513/spno.31521. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31521>. Rokhoyev S.A., Solomin L.N., Starchik D.A., Demin A.S. [Improvement of the Ortho-SUV orthopedic hexapod arrangements used for the treatment of patients with knee joint stiffness (experimental study)] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2022;(2):12. doi: 10.17513/spno.31521. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31521>. (In Russian).
33. Hollister A.M., Jatana S., Singh A.K., Sullivan W.W., Lupichuk A.G. The axes of rotation of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;(290):259-268.
34. Caton J. Traitement des inégalités de longueur des membres inférieurs et des sujets de petite taille chez l'enfant et l'adolescent. *Rev Chir Orthop*. 1991;77 (Suppl. I):31-80.
35. Kettelkamp D.B., Chao E.Y. A method for quantitative analysis of medial and lateral compression forces at the knee during standing. *Clin Orthop Relat Res*. 1972;83: 202-213. doi: 10.1097/00003086-197203000-00037.
36. Mousavi H., Mir B., Safaei A. Evaluation of Thompson's quadricepsplasty results in patients with knee stiffness resulted from femoral fracture. *J Res Med Sci*. 2017;22:50. doi: 10.4103/1735-1995.205237.

#### Сведения об авторах

✉ Рохоев Сайгидула Абдурахманович

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0003-4369-9619>

e-mail: 09saga@mail.ru

Чугаев Дмитрий Валерьевич — канд. мед. наук

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

e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Соломин Леонид Николаевич — д-р мед. наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>

e-mail: solomin.leonid@gmail.com

#### Authors' information

✉ Saigidula A. Rokhoyev

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

<https://orcid.org/0000-0003-4369-9619>

e-mail: 09saga@mail.ru

Dmitrii V. Chugaev — Cand. Sci. (Med.)

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

e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Leonid N. Solomin — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>

e-mail: solomin.leonid@gmail.com





## Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с первичной идиопатической тромбоцитопенией

А.Н. Цед, Н.Е. Муштин, А.К. Дулаев

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»  
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

**Актуальность.** В настоящее время отсутствуют национальные клинические рекомендации о периоперационном ведении пациентов с идиопатической тромбоцитопенией (ИПТ) при эндопротезировании тазобедренного сустава. Большинство публикаций, посвященных выполнению артропластики у данной категории пациентов представлено в контексте общей хирургии, отличительной особенностью которых является хорошее достижение гемостаза. Однако при эндопротезировании тазобедренного сустава достичь такого уровня гемостаза невозможно.

**Цель исследования** — оценить среднесрочные результаты тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с первичной идиопатической тромбоцитопенией.

**Материал и методы.** Выполнено рандомизированное моноцентровое клиническое исследование 38 пациентов с ИПТ, которым в период с 2015 по 2021 г. была выполнена артропластика тазобедренного сустава. Эти пациенты составили группу I исследования. В качестве контрольной группы были проанализированы исходы эндопротезирования тазобедренного сустава 40 пациентов без тромбоцитопении за аналогичный период наблюдения (группа II). Средний период наблюдения составил 4,3 года. Критериями невключения в исследование были гепарин-индуцированная тромбоцитопения, тяжелая форма идиопатической тромбоцитопении в стадии обострения с количеством тромбоцитов менее  $25 \times 10^9/\text{л}$ .

**Результаты.** Средние сроки госпитализации были больше в группе I — 11,1 койко-дней по сравнению с 7,7 в группе II. Результаты свидетельствуют о более длительной предоперационной подготовке, включающей трансфузию гемокомпонентов с повторным выполнением клинического анализа крови и коагулограммы. Не получено статистически значимой разницы в продолжительности хирургического вмешательства, однако между группами имелись отличия в величине интраоперационной кровопотери и объеме гемотрансфузии. В группе II только 3 пациентам потребовалось интраоперационное переливание одной дозы эритроцитарной взвеси, пациентам группы I чаще производилась гемотрансфузия. Осложнения в группе I отмечены у 5 пациентов, во группе II — у одного пациента, что не является статистически значимым отличием ( $p = 0,067$ ), однако относительный риск развития осложнений составил 5,2. Функциональные результаты через 12 мес. после операции между группами не отличались.

**Заключение.** Среднесрочные результаты эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с ИПТ сопоставимы с результатами эндопротезирования пациентов общей популяции. Отличительной особенностью хирургического вмешательства является увеличение объема интраоперационной кровопотери и необходимость значимо большего переливания гемокомпонентов не только во время операции, но и в предоперационном периоде, что увеличивает продолжительность госпитализации.

**Ключевые слова:** эндопротезирование тазобедренного сустава, идиопатическая тромбоцитопения, гемотрансфузия.

Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с первичной идиопатической тромбоцитопенией. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):20-26. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1772>.

Муштин Никита Евгеньевич; e-mail: mushtin.nikita@yandex.ru

Рукопись получена: 21.04.2022. Рукопись одобрена: 06.06.2022. Статья опубликована онлайн: 07.06.2022.

© Цед А.Н., Муштин Н.Е., Дулаев А.К., 2022



## Total Hip Arthroplasty in Patients with Idiopathic Thrombocytopenic Purpura

Alexander N. Tsed, Nikita E. Mushtin, Alexander K. Dulaev

*Pavlov First Saint Petersburg State Medical University,  
St. Petersburg, Russia*

**Background.** There are no national clinical guidelines for the perioperative management of patients with idiopathic thrombocytopenia in hip arthroplasty. Most of the publications are presented in the context of general surgery, the distinguishing feature of which is the good achievement of hemostasis. However, it is impossible to achieve such a level of hemostasis with hip arthroplasty.

**The aim of the study** was to evaluate the mid-term results of total hip arthroplasty in patients with primary idiopathic thrombocytopenia.

**Methods.** Randomized monocenter clinical trial of 38 patients with idiopathic thrombocytopenia hip arthroplasty was performed. These patients were included in group I. As a control group, the outcomes of surgical treatment of 40 patients without thrombocytopenia over the same observation period were analyzed (group II). The mean follow-up period was 4.3 years. Exclusion criteria for the study were heparin-induced thrombocytopenia, a severe form of idiopathic thrombocytopenia in the acute stage with platelet counts less than  $25 \times 10^9/L$ .

**Results.** The average length of hospitalization was longer in patients with idiopathic thrombocytopenia (11.1 days). The results indicate a longer preoperative preparation, including the transfusion of hemocomponents with repeated monitoring of the parameters of the clinical blood test and coagulogram. There was no significant difference in the duration of the surgical intervention, but there were differences in the amount of intraoperative blood loss and the volume of blood transfusion. Among the patients of the group II, only 3 patients required intraoperative transfusion of one dose of erythrocyte suspension, patients of the group I more often underwent blood transfusion. In the group I, complications were noted in 5 patients, in the group II — in one patient ( $p = 0.067$ ), but the relative risk of complications was 5.2. Functional results 12 months after surgery didn't differ.

**Conclusions.** The mid-term results of hip arthroplasty in patients with idiopathic thrombocytopenia are comparable to the results in patients of the general population. A distinctive feature of surgical intervention is an increase in the average volume of intraoperative blood loss and the need for a significantly larger transfusion of hemocomponents not only during the operation, but also in the preoperative period, which increases the duration of hospitalization.

**Keywords:** total hip arthroplasty, idiopathic thrombocytopenia, blood transfusion.

---

**Cite as:** Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K. [Total Hip Arthroplasty in Patients with Idiopathic Thrombocytopenic Purpura]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):20-26. (In Russian).  
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1772>.

✉ Nikita E. Mushtin; mushtin.nikita@yandex.ru

Submitted: 21.04.2022. Accepted: 06.06.2022. Published Online: 07.06.2022.

© Tsed A.N., Mushtin N.E., Dulaev A.K., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Идиопатическая тромбоцитопения (ИТП) — это иммунное заболевание, характеризующееся транзиторным или постоянным снижением количества тромбоцитов, сопровождающимся повышенным риском кровотечения. Согласно критериям Международной рабочей группы экспертов, ИТП определяется как аутоиммунное заболевание, которое характеризуется изолированной тромбоцитопенией (количество тромбоцитов в крови  $<100 \times 10^9/\text{л}$ ) при отсутствии других причин или заболеваний, которые могут сопровождаться тромбоцитопенией [1]. В качестве терапии первой линии при ИТП широко используются глюкокортикостероиды [2]. При этом количество стероид-индуцированных аваскулярных некрозов костей колеблется от 9 до 40% с преимущественным поражением головки бедренной кости [3]. Пациентам с ИТП, нуждающимся в оперативных вмешательствах, необходима гемотрансфузия бóльшего количества гемокомпонентов, особенно если операция выполняется по экстренным показаниям.

Из-за повышенной кровопотери следует ожидать большего количества осложнений при эндопротезировании тазобедренного сустава (ТБС) у пациентов с ИТП, таких как перипротезная инфекция, острая почечная недостаточность, септицемия или пневмония [4].

В связи с этим требуется специальное периоперационное ведение пациентов для профилактики осложнений при планировании эндопротезирования, однако в доступной литературе имеются лишь единичные сообщения о его результатах. M. Nezu с соавторами описали случай эндопротезирования у пациента с рефрактерной идиопатической тромбоцитопенией под прикрытием колхицина [5]. Y.S. Kim с соавторами представили серию наблюдений пациентов с ИТП, перенесших эндопротезирование ТБС. В исследовании авторы указали на более высокую потребность в гемотрансфузии эритроцитарной массы и тромбоцитарной взвеси. При этом время оперативного вмешательства, длительность госпитализации и уровень осложнений не отличались по сравнению с пациентами без ИТП [6]. R. Singhal с соавторами сообщили о лечении 61-летнего пациента с идиопатической тромбоцитопенией, которому выполнялось эндопротезирование коленного сустава. Авторы отметили существенное увеличение предоперационного периода, в течение которого выполнялась трансфузия иммуноглобулинов до достижения уровня тромбоцитов в  $280 \times 10^9/\text{л}$ . В процессе лечения не использовались антикоагулянты и дезагреганты ввиду риска кровотечения, а нестероидные противовоспалительные

анальгетики — из-за эффекта снижения функции тромбоцитов. Пациент был выписан на 8-е сут. после операции, однако находился под наблюдением гематологов еще 3 дня. Считается, что при количестве тромбоцитов  $>80 \times 10^9/\text{л}$  риск кровотечения низкий; при  $<50 \times 10^9/\text{л}$  следует ожидать кровотечения во время или после операции; при  $<25 \times 10^9/\text{л}$  кровотечения могут происходить спонтанно, поэтому операцию выполнить невозможно [7].

В настоящее время отсутствуют национальные клинические рекомендации по периоперационному ведению пациентов с ИТП при эндопротезировании ТБС. Систематический обзор публикаций об особенностях оперативных вмешательств у больных с ИТП указывает на необходимость достижения хорошего гемостаза при хирургических вмешательствах. Множество публикаций приводятся в контексте общей хирургии. При эндопротезировании ТБС достичь такого уровня гемостаза невозможно. В связи с этим K. Kojouri с соавторами предупреждают об увеличении ожидаемой периоперационной кровопотери [8]. Таким образом, на сегодняшний день остаются нерешенными многие вопросы, связанные с особенностями эндопротезирования ТБС, отсутствуют алгоритмы периоперационного ведения пациентов с идиопатической тромбоцитопенией.

*Цель исследования* — оценить среднесрочные результаты тотального эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с первичной идиопатической тромбоцитопенией.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Авторами проведено рандомизированное монокцентровое клиническое исследование 38 пациентов с ИТП, которым в период с 2015 по 2021 г. была выполнена артропластика ТБС. Эти пациенты составили группу I исследования. В качестве группы II (контрольной) были проанализированы исходы эндопротезирования у 40 пациентов без тромбоцитопении за аналогичный период.

Средний срок наблюдения составил 4,3 года (min — 3, max — 6) в группе I, и 4,1 года (min — 3, max — 6) для пациентов группы II.

Для репрезентативности анализа полученных результатов пациенты обеих групп были сопоставимы по возрасту, объему предоперационного обследования, характеру патологии тазобедренного сустава (табл. 1), а также выполненным оперативным вмешательствам, типу имплантируемых компонентов эндопротеза и послеоперационному ведению. Все операции в обеих группах исследования выполнялись одной хирургической и анестезиологической бригадой.

Таблица 1

**Общая характеристика пациентов обеих групп**

Параметр	Группа I	Группа II	p
Количество пациентов	38	40	
Средний возраст, Ме (min/max)	47,24 (19/84)	45,38 (20/81)	0,430
Пол, м/ж	9/29	19/21	
ИМТ, Ме (min/max)	23,33 (14,5/32,7)	28,5 (23,2/31,7)	<0,001
Диагноз:			
– АНГБК	30 (79%)	21 (53%)	
– дисплазия	1 (3%)	9 (23%)	
– коксартроз	7 (18%)	10 (24%)	
Срок наблюдения, Ме (min/max)	4,3 (3/6)	4,1 (3/6)	0,284

Критериями не включения в исследование были гепарин-индуцированная тромбоцитопения, спленэктомия в анамнезе, тяжелая форма идиопатической тромбоцитопении в стадии обострения с показателями количества тромбоцитов менее  $25 \times 10^9/\text{л}$  в сыворотке крови в предоперационном периоде.

Пациентам обеих групп имплантировали стандартные бесцементные вертлужные компоненты пресс-фит, применялись только вкладыши из поперечно-связанного полиэтилена диаметром 32 мм и стандартные бесцементные бедренные компоненты проксимальной фиксации.

В структуре причин выполнения тотального эндопротезирования ТБС преобладали аваскулярный некроз головки бедренной кости (АНГБК), реже встречались пациенты с идиопатическим и диспластическим коксартрозом. Необходимо отметить, что средние показатели ИМТ были статистически значимо меньшими в группе I (ME – 23,3; min – 14,5; max – 32,7) по сравнению с пациентами группы II (ME – 28,5; min – 23,2; max – 31,7).

**Оценка результатов**

При анализе результатов оценивались продолжительность операции, объем интраоперационной кровопотери и переливаемых компонентов эритроцитарной взвеси, свежезамороженной плазмы (СЗП) и тромбовзвеси. Также оценивали частоту и структуру общесоматических и ортопедических осложнений в обеих группах исследования. Функциональные результаты оценивались по 48-балльной шкале OHS (Oxford Hip Score).

**Статистический анализ**

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью программы IBM SPSS v. 20. Проверка на нормальность количественных значений проводилась на основании критерия Шапиро–Уилка в модификации J.P. Royston [9]. Для выявления статических разли-

чий нормально распределенных показателей использовался критерий Стьюдента для связанных и несвязанных выборок, критерий Манна–Уитни при ненормально распределенных показателях. Для оценки качественных показателей использовался критерий  $\chi^2$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Средние сроки госпитализации были статистически значимо большими в группе I по сравнению с группой II. При более детальном изучении причин столь длительного периода госпитализации удалось выявить статистически значимые отличия в показателях предоперационного койко-дня (табл. 2). Такие результаты свидетельствуют о необходимости более длительной предоперационной подготовки, включающей трансфузию гемокомпонентов с повторным выполнением клинического анализа крови и коагулограммы, изготовление тромбоконцентрата с его индивидуальным подбором для каждого пациента.

При оценке интраоперационных показателей не выявлено значимой разницы в продолжительности хирургического вмешательства, однако получены статистически значимые отличия в величине интраоперационной кровопотери и объеме гемотрансфузии (табл. 3).

Таблица 2

**Средние сроки госпитализации, койко-день, Ме (мин/макс)**

Параметр	Группа I	Группа II	p
Общий срок госпитализации	11,10 (6/17)	7,70 (4/12)	<0,001
Предоперационный период	3,94 (1/9)	1,20 (1/3)	<0,001
Послеоперационный период	7,16 (3/14)	6,80 (4/10)	0,144

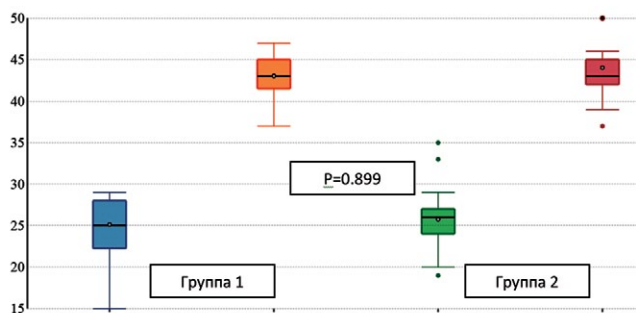
Таблица 3

**Интраоперационные показатели у пациентов групп исследования**

Параметр	Группа I	Группа II	p
Время операции, мин (min/max)	95 (45/100)	100 (55/110)	0,124
Интраоперационная кровопотеря, мл (min/max)	339,7 (200/1300)	213,0 (100/350)	0,001
Гемотрансфузия, средний объем в мл	11 пациентов — 140	3 пациента — 220	
Тромбовзвесь, средний объем в мл	5 пациентов — 350	0	
СЗП, средний объем в мл	3 пациента — 420	0	
Количество тромбоцитов до операции, $\times 10^9/\text{л}$	85 $\pm$ 13	168 $\pm$ 38	0,001

**Функциональные результаты**

При оценке функциональных результатов по 48-балльной шкале OHS статистически значимой разницы в показателях через 12 мес. после операции получено не было. В группе I исследования среднестатистические показатели улучшились с 25,4 $\pm$ 7,3 до 42,1 $\pm$ 6,1 баллов, в то время как в группе II — с 26,2 $\pm$ 5,3 до 43,4 $\pm$ 4,3 баллов (рис. 1).



**Рис. 1.** Функциональные результаты по 48-балльной шкале Oxford Hip Score

**Fig. 1.** Functional results on the Oxford Hip Score scale (48 points)

**Осложнения**

В группе I осложнения развились у 5 пациентов, в группе II — у одного пациента, что не является статически значимым ( $p = 0,067$ ). Относительный риск (ОР) развития осложнений составил 5,2 (ДИ 95%: 0,64–43) в группе пациентов с ИПТ. У 3 (7,9%) пациентов группы I произошло интраоперационное кровотечение, у двух — послеоперационная гематома (5,27%), и у одного пациента развилась поверхностная перипротезная инфекция на фоне послеоперационной гематомы, лечение которой не потребовало выполнения двухэтапного ревизионного эндопротезирования и было купировано путем вторичной хирургической обработки раны. В группе II осложнений, связанных с эндопротезированием ТБС, не отмечено.

В результате анализа послеоперационных рентгенограмм в обеих группах исследования не отмечено признаков асептического расшатывания ком-

понентов эндопротеза, остеолита и существенного износа полиэтиленового вкладыша в средние сроки наблюдения более 4 лет. Также не было выявлено случаев перипротезных переломов и вывихов эндопротеза. Таким образом, ни одному пациенту в обеих группах исследования не было выполнено ревизионных вмешательств на ТБС.

**ОБСУЖДЕНИЕ**

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе уделяется недостаточно внимания проблемам хирургического лечения пациентов с идиопатической тромбоцитопенией. По данным Y. Wang с соавторами, частота выявления тромбоцитопении среди пациентов, которым выполняется эндопротезирование ТБС, составляет 1,43% и ежегодно увеличивается [10]. Ряд авторов сообщают об увеличении числа осложнений и послеоперационной летальности среди пациентов, которым эндопротезирование ТБС выполняется на фоне тромбоцитопении. Так, в большом популяционном метаанализе C.C. Chang с соавторами приводят данные об увеличении 30-дневной летальности до 1,89% после хирургического вмешательства у пациентов с тромбоцитопенией [11]. M. Monreal с соавторами утверждают, что коррекция количества тромбоцитов перед эндопротезированием ТБС существенно снижает риски послеоперационной кровопотери [12].

Результаты, полученные в ходе нашего исследования, сопоставимы со среднесрочными результатами эндопротезирования плечевого и локтевого суставов у 25 пациентов с нарушениями свертывания крови и вторичной тромбоцитопенией [13]. В.Ю. Зоренко с соавторами сообщают об одном инфекционном осложнении, одном интраоперационном перипротезном переломе мышечка плеча и одном случае асептической нестабильности эндопротезирования локтевого сустава в сроки до 9 лет после операции.

Интересные данные приводятся в исследовании Y. Wang с соавторами об особенностях пациентов с тромбоцитопенией, подвергающихся эндопротезированию. Согласно данной публикации, идио-



патическая тромбоцитопения чаще встречается у мужчин старшей возрастной группы и сочетается с большим количеством соматических заболеваний. В нашем исследовании преобладали женщины среднего возраста (Me — 47,24; min — 19, max — 84 года), что косвенно свидетельствует о разных эпидемиологических показателях распространения ИТП в популяции. Средние сроки госпитализации пациентов с ИТП при эндопротезировании ТБС увеличиваются на 26% [10]. В нашем исследовании средний срок госпитализации пациентов группы I был больше на 14,5% по сравнению с группой II, но существенно ниже по сравнению с данными, представленными в литературе. Такие низкие показатели среднего койко-дня у пациентов с ИТП, которым выполняется эндопротезирование ТБС, обусловлены фармакологической коррекцией препаратов и подготовкой пациентов к оперативному вмешательству, которое осуществляют сотрудники НИИ детской онкологии, гематологии и трансфузиологии им. Р.М. Горбачевой, входящего в структуру ПСПБГМУ им. И. П. Павлова.

В литературе сообщается о более высокой частоте осложнений при эндопротезировании крупных суставов у пациентов с ИТП, как общесоматических (пневмония, инфекция мочевыделительной системы, послеоперационный шок, сепсис и пр.), так и хирургических (геморрагическая анемия, гематома и серома послеоперационной раны, раневая инфекция, нестабильность компонентов эндопротеза). В частности, R. Malrani с соавторами приводят данные о двукратно возрастающем риске развития осложнений при выполнении эндопроте-

зирования ТБС у пациентов с ИТП [14]. По нашим данным, ОР всех осложнений в группе пациентов с тромбоцитопенией был в 5,2 раза выше. Такое существенное увеличение рисков может объясняться малым количеством наблюдений, в связи с чем необходимо проведение когортных многоцентровых исследований.

### Ограничения исследования

Основным ограничением исследования являлось малое количество пациентов в группе I, что связано с достаточно редким сочетанием идиопатической тромбоцитопении с деформирующим коксатрозом, требующим оперативных вмешательств. Для более точной репрезентативности исследования требуются многоцентровые исследования. Дальнейшие перспективы связаны с формированием потоков таких пациентов в специализированные многопрофильные центры.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среднесрочные результаты эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с идиопатической тромбоцитопенией сопоставимы с результатами эндопротезирования пациентов общей популяции. Отличительной особенностью хирургического вмешательства у пациентов с ИТП является увеличение средних объемов интраоперационной кровопотери и необходимость значимо большего объема переливания гемоконпонентов не только во время эндопротезирования, но и в предоперационном периоде, что увеличивает продолжительность госпитализации.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

#### Заявленный вклад авторов

*Цед А.Н.* — дизайн исследования, сбор и обработка материала, обзор публикаций по теме статьи и написание текста рукописи, этапное и заключительное редактирование рукописи.

*Муштин Н.Е.* — статистическая обработка полученного материала, обзор публикаций по теме статьи, редактирование.

*Дулаев А.К.* — концепция исследования, анализ полученных результатов.

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.

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

### DISCLAIMERS

#### Author contribution

*Tsed A.N.* — the idea and design of the study, the collection and processing of material, writing the draft, editing.

*Mushtin N.E.* — data collection and analysis, manuscript writing, text editing.

*Dulaev A.K.* — research conception and design, analysis and statistical processing of data

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.

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



**Этическая экспертиза.** Не применима.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Rodeghiero F., Stasi R., Gernsheimer T., Michel M., Provan D., Arnold D.M. et al. Standardization of terminology, definitions and outcome criteria in immune thrombocytopenic purpura of adults and children: report from an international working group. *Blood*. 2009;113(11):2386-2393. doi: 10.1182/blood-2008-07-162503.
- Provan D., Stasi R., Newland A.C., Blanchette V.S., Bolton-Maggs P., Bussell J.B. et al. International consensus report on the investigation and management of primary immune thrombocytopenia. *Blood*. 2009;115(2):168-186. doi: 10.1182/blood-2009-06-225565.
- Weinstein R.S. Clinical practice: glucocorticoid-induced bone disease. *N Engl J Med*. 2011;365(1):62-70. doi: 10.1056/NEJMc1012926.
- Chang C.C., Chang H.C., Wu C.H., Chang C.Y., Liao C.C., Chen T.L. Adverse postoperative outcomes in surgical patients with immune thrombocytopenia. *British J Surg*. 2013;100(5):684-692. doi: 10.1002/bjs.9065.
- Nezu M., Oh H., Cho R., Sato H., Ikegami T., Yokota A. et al. [The combination therapy with vinca-alkaloid slow infusion and cholchicine was effective to refractory idiopathic thrombocytopenic purpura. The patient could receive femoral head replacement in safety]. *Rinsho Ketsueki*. 1996;37(2):158-160. (In Japanese).
- Kim Y.S., Chung J.W., Sung B.Y., Woo Y.K., Kwon S.Y. Total hip replacement arthroplasty in patient with idiopathic thrombocytopenic purpura: clinical experience of perioperative management. *J Korean Hip Soc*. 2008;20(1):15-18. doi.org/10.5371/jkhs.2008.20.1.15.
- Singhal R., Gudimetla V., Stewart A., Luscombe K.L., Charalambous C.P. Perioperative care of a patient with refractory idiopathic thrombocytopenic purpura undergoing total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res*. 2012;24(4):245-248. doi: 10.5792/ksrr.2012.24.4.245.
- Kojouri K., Vesely S.K., Terrell D.R., George J.N. Splenectomy for adult patients with idiopathic thrombocytopenic purpura: a systematic review to assess long-term platelet count responses, prediction of response, and surgical complications. *Blood*. 2014;104(9):2623-2634. doi: 10.1182/blood-2004-03-1168.
- Royston P. Approximating the Shapiro-Wilk W-test for non-normality. *Statistics and Computing*. 1992;2:3:117-119.
- Wang Y., Zhang Y., Wang Y., Han H., Zhao J., Wang J. Chronic thrombocytopenia and in-hospital outcomes after primary total hip and knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022;37(1):19-25.e4. doi: 10.1016/j.arth.2021.08.032.
- Chang C.C., Chang H.C., Wu C.H., Chang C.Y., Liao C.C., Chen T.L. Adverse postoperative outcomes in surgical patients with immune thrombocytopenia. *Br J Surg*. 2013;100(5):684-692; discussion 693. doi: 10.1002/bjs.9065.
- Monreal M., Lafoz E., Llamazares J., Roncales J., Roca J., Granero X. Preoperative platelet count and postoperative blood loss in patients undergoing hip surgery: an inverse correlation. *Haemostasis*. 1996;26(3):164-169. doi: 10.1159/000217202.
- Зоренко В.Ю., Полянская Т.Ю., Карпов Е.Е., Садыкова Н.В., Сампиев М.С., Мишин Г.В. и др. Эндопротезирование локтевых и плечевых суставов при терминальной стадии артропатии у больных гемофилией. *Гематология и трансфузиология*. 2020; 65(1):146.  
Zorenko V.Yu., Polyanskaya T.Yu., Karpov E.E., Sadykova N.V., Sampiev M.S., Mishin G.V. et al. Endoprosthesis replacement of elbow and shoulder joints in the terminal stage of arthropathy in patients with hemophilia. *Gematologiya i transfuziologiya* [Russian journal of Hematology and Transfusiology]. 2020; 65(1):146
- Malpani R., Haynes M.S., Clark M.G., Galivanche A.R., Bovonratwet P., Grauer J.N. Abnormally high, as well as low, preoperative platelet counts correlate with adverse outcomes and readmissions after elective total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2019;34(8):1670-1676. doi: 10.1016/j.arth.2019.04.012.

## 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

## 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



## Salter vs Pemberton: сравнительный рентгенологический анализ изменения вертлужной впадины и таза после хирургической коррекции у детей с врожденным вывихом бедра

П.И. Бортулёв<sup>1</sup>, Т.В. Баскаева<sup>1</sup>, С.В. Виссарионов<sup>1,2</sup>, Д.Б. Барсуков<sup>1</sup>,  
И.Ю. Поздникин<sup>1</sup>, В.В. Кожевников<sup>3</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

<sup>3</sup> ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г. Барнаул)» Минздрава России, г. Барнаул, Россия

**Актуальность.** Дисплазия тазобедренных суставов, характеризующаяся выраженными анатомическими изменениями, продолжает оставаться на одной из лидирующих позиций в структуре всех врожденных пороков развития костно-мышечной системы. Поздняя диагностика или неэффективное консервативное лечение приводят к необходимости хирургической коррекции врожденных деформаций проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины. Выбор метода оперативной реконструкции последней остается предметом дискуссии на протяжении последних десятилетий.

**Цель исследования** — провести сравнительный рентгенологический анализ изменения строения вертлужной впадины и таза у детей с врожденным вывихом бедра (III–IV степени по IHDI) после остеотомий таза по Salter и по Pemberton.

**Материал и методы.** В исследование вошли 80 пациентов (80 тазобедренных суставов) в возрасте от 2 до 4 лет ( $3,1 \pm 0,5$ ) с дисплазией тазобедренных суставов III–IV степени по классификации IHDI, получавших лечение в период с 2020 по 2021 г. Все дети были разделены на две группы: I группу составили 40 пациентов (40 тазобедренных суставов), которым выполняли модифицированную подвздошную остеотомию таза по Salter, II группу — 40 пациентов (40 тазобедренных суставов), которым выполняли перикапсулярную ацетабулопластику по Pemberton. Проводили рентгенометрию следующих показателей: ацетабулярный индекс (АИ), угол Wiberg, шеечно-диафизарный угол, угол антеверсии проксимального отдела бедренной кости, степень костного покрытия, глубина вертлужной впадины (AD) и высота таза (PH).

**Результаты.** Ближайшие результаты оценивались через 6 мес. Значения АИ и угла Wiberg у пациентов, которым была выполнена модифицированная остеотомия таза по Salter, говорят о достижении большей коррекции ( $p < 0,05$ ) в отличие от пациентов, которым была выполнена перикапсулярная ацетабулопластика по Pemberton. Вместе с тем значения AD и PH у пациентов I группы имели выраженные отличия ( $p < 0,05$ ) от таковых у пациентов II группы, значения которых были приближены к аналогичным показателям в контралатеральном интактном тазобедренном суставе.

**Заключение.** При лечении детей с дисплазией тазобедренных суставов III–IV степени по классификации IHDI выполнение модифицированной остеотомии таза по Salter приводит к значительному уменьшению значений АИ и увеличению значений угла Wiberg, что соответствует гиперкоррекции положения вертлужной впадины, не влияет на глубину вертлужной впадины и способствует удлинению гемипельвиса в среднем на 13,8 мм. Перикапсулярная остеотомия таза по Pemberton позволяют достичь значений АИ и угла Wiberg, близких к возрастным показателям нормы, приводит к увеличению глубины вертлужной впадины, приближающейся по своему значению к контралатеральному суставу, и не оказывает отрицательного влияния на высоту таза.

**Ключевые слова:** дисплазия тазобедренных суставов, дети, модифицированная операция Salter, остеотомия по Pemberton.

Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Кожевников В.В. Salter vs Pemberton: сравнительный рентгенологический анализ изменения вертлужной впадины и таза после хирургической коррекции у детей с врожденным вывихом бедра. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):27-37. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1748>.

✉ Бортулёв Павел Игоревич; e-mail: pavel.bortulev@yandex.ru

Рукопись получена: 25.02.2022. Рукопись одобрена: 01.04.2022. Статья опубликована онлайн: 12.04.2022.

© Бортулёв П.И., Баскаева Т.В., Виссарионов С.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Кожевников В.В., 2022



## Salter vs Pemberton: Comparative Radiologic Analysis of Changes in the Acetabulum and Pelvis After Surgical Correction in Children with Hip Dysplasia

Pavel I. Bortulev<sup>1</sup>, Tamila V. Baskaeva<sup>1</sup>, Sergei V. Vissarionov<sup>1,2</sup>, Dmitriy B. Barsukov<sup>1</sup>, Ivan Yu. Pozdnikin<sup>1</sup>, Vadim V. Kozhevnikov<sup>3</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

<sup>3</sup> Barnaul Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Barnaul, Russia

**Background.** Hip dysplasia, characterized by pronounced anatomical changes, continues to be one of the leading positions in the structure of all congenital malformations of the musculoskeletal system. Late diagnosis or ineffective conservative treatment leads to the need for surgical correction of congenital deformities of the proximal femur and acetabulum. The choice of the method of operational reconstruction of the latter remains a subject of discussion over the past decades.

**Aim of the study** — a comparative X-ray analysis of surgical treatment outcomes of children with hip dysplasia type IHDI III–IV after Salter and Pemberton pelvic osteotomies.

**Methods.** The study included 80 patients (80 hip joints) aged 2 to 4 years ( $3.1 \pm 0.45$ ) with hip dysplasia of the III–IV degree according to the IHDI. Patients were divided into two groups: group I consisted of 40 patients who underwent modified Salter osteotomy, group II — 40 patients who underwent Pemberton pericapsular acetabuloplasty. Radiometry of the following parameters was performed: acetabular index (AI), Wiberg angle, neck-shaft angle, anteversion angle of the proximal femur, degree of bone coverage, the depth of the acetabulum (AD) and pelvic height (PH)

**Results.** The values of AI and Wiberg angle in patients in I group indicate that a greater correction was achieved ( $p < 0.05$ ) in contrast to patients who underwent Pemberton pericapsular acetabuloplasty. At the same time, the values of AD and PH in I group patients had pronounced differences ( $p < 0.05$ ) from those in II group patients, whose values were close to similar indicators in the contralateral hip joint.

**Conclusions.** In the treatment of children with hip dysplasia IHDI III–IV degree performing a modified Salter osteotomy leads to a significant decrease in the values of AI and an increase in the values of the Wiberg angle, which corresponds to hypercorrection of the position of the acetabulum, does not affect the AD and contributes to the elongation of the hemipelvis by an average of 13.8 mm. Pemberton acetabuloplasty allows to achieve values of AI and Wiberg angle close to the age-related indicators of the norm, leads to an increase AD, approaching the contralateral joint in its value and does not significantly affect the PH.

**Keywords:** hip dysplasia, children, modified Salter's procedure, Pemberton's pelvic osteotomy.

**Cite as:** Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Y., Kozhevnikov V.V. [Salter vs Pemberton: Comparative Radiologic Analysis of Changes in the Acetabulum and Pelvis After Surgical Correction in Children with Hip Dysplasia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2): 27-37. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1748>.

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

Submitted: 25.02.2022. Accepted: 01.04.2022. Published Online: 12.04.2022.

© Bortulev P.I., Baskaeva T.V., Vissarionov S.V., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Y., Kozhevnikov V.V., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Дисплазия тазобедренных суставов, характеризующаяся выраженными анатомическими изменениями, которые произошли в процессе ante- и постнатального периодов развития, продолжает оставаться на одной из лидирующих позиций в структуре всех врожденных пороков развития костно-мышечной системы [1, 2]. Поздняя диагностика или применение неадекватных по своему характеру консервативных методов лечения приводит к необходимости хирургической коррекции врожденных деформаций как проксимального отдела бедренной кости, так и вертлужной впадины. Выбор методики оперативной реконструкции последней остается предметом дискуссии на протяжении последних десятилетий.

На сегодняшний день все используемые в мировой и отечественной ортопедической практике остеотомии таза, направленные на достижение адекватной стабильности тазобедренного сустава и конгруэнтности суставных поверхностей головки бедренной кости и вертлужной впадины, условно можно разделить на две группы: сопровождающиеся полным нарушением целостности подвздошной кости и без таковой. К первой группе хирургических методов относятся такие остеотомии таза, как подвздошная (R. Salter), двойная (D. Sutherland, Ю.И. Поздникин, М.М. Камоско) и тройная (H. Carlouz, H. Steel, D. Tönnis и модификации других авторов). Суть данных технологий заключается в изменении пространственного положения ацетабулярного фрагмента [3, 4, 5, 6]. К второй группе остеотомий таза относятся ацетабулопластики (W. Dega, P. Pemberton, San Diego, Е.С. Тихоненков, В.П. Мельников и модификации других авторов), основной целью которых является изменение формы вертлужной впадины [7, 8, 9, 10, 11].

Несмотря на широкое внедрение в клиническую практику тройной остеотомии таза и расширение возрастных критериев ее выполнения [12, 13], у детей до 6 лет с дисплазией тазобедренных суставов различной степени тяжести и функционирующим Y-образным хрящом в настоящее время для коррекции диспластичной вертлужной впадины наиболее часто применяются подвздошная остеотомия таза по Salter, перикапсулярная ацетабулопластика по Pemberton и ацетабулопластика по Dega. Одновременно с этим необходимо отметить, что ацетабулопластика по Dega включает в себя элемент полного нарушения целостности задней колонны таза и поэтому, на наш взгляд, не может быть полноценно отнесена к группе истинных ацетабулопластик.

На сегодняшний день выбор методики остеотомии таза при дисплазии тазобедренных суста-

вов у детей зависит от предпочтений оперирующего хирурга, а комплексный анализ полученных результатов хирургического лечения в современной отечественной литературе практически отсутствует.

*Цель исследования* — провести сравнительный рентгенологический анализ изменения строения вертлужной впадины и таза у детей с врожденным вывихом бедра (IHDI III–IV ст.) после остеотомий таза по Salter и по Pemberton.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Выполнено двухцентровое когортное сравнительное контролируемое ретроспективно-проспективное исследование.

*Критерии включения* пациентов в исследование:

- возраст пациентов 2–4 года;
- наличие одностороннего вывиха бедра (III–IV ст. по классификации IHDI [14]);
- отсутствие ранее проводимых хирургических вмешательств на тазобедренном суставе;
- отсутствие признаков асептического некроза головки бедренной кости по классификации D. Tönnis [15];
- отсутствие подтвержденных неврологических заболеваний;
- отсутствие генетических заболеваний и системных дисплазий скелета;
- согласие законных представителей пациента на участие в исследовании.

*Критерии невключения:*

- возраст младше 2 лет и старше 4 лет;
- наличие подвывиха бедра (II степень по классификации IHDI)
- наличие билатерального поражения тазобедренных суставов;
- наличие перенесенных операций на тазобедренном суставе;
- наличие формирующейся или сформировавшейся многоплоскостной деформации проксимального отдела бедренной кости;
- наличие неврологических, системных и генетических заболеваний;
- отказ от заполнения информированного согласия для принятия участия в исследовании.

В исследование вошли 80 пациентов (80 тазобедренных суставов) в возрасте от 2 до 4 лет ( $3,1 \pm 0,5$ ) с дисплазией тазобедренных суставов III–IV ст. по классификации IHDI, получавших лечение в клинике НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера и Федеральном центре травматологии, ортопедии и эндопротезирования (г. Барнаул) в период с 2020 по 2021 г.

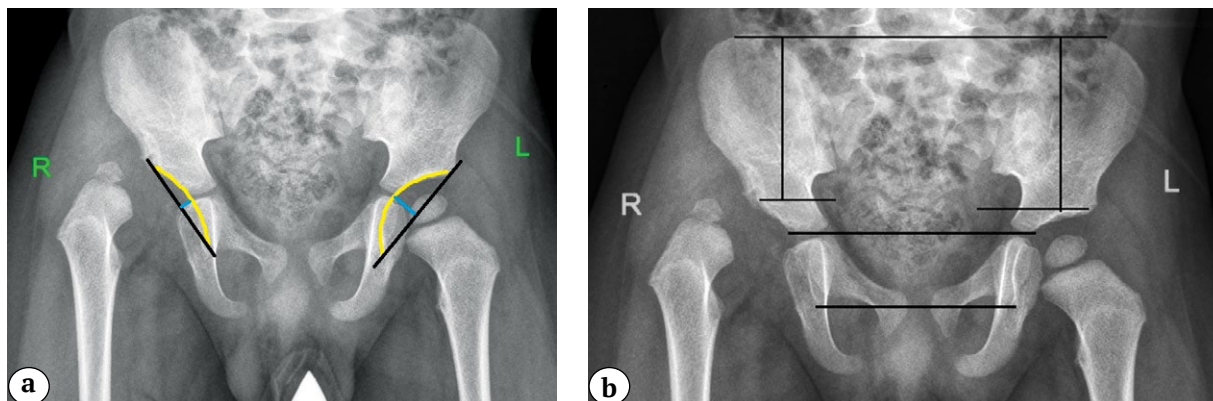
Пациенты были разделены на две группы в зависимости от методики применяемой остеотомии таза для коррекции аномальной вертлуж-



ной впадины. Первую группу составили 40 пациентов (40 тазобедренных суставов), которым выполняли модифицированную подвздошную остеотомию таза по Salter. Технология выполнения данной остеотомии таза отличалась от классической вектором ротации ацетабулярного фрагмента, т.е. не изолированно кпереди, а в большей степени латерально, что позволяло увеличить покрытие головки бедренной кости и свести к минимуму риск формирования ретроверсии вертлужной впадины. Вторую группу составили также 40 пациентов (40 тазобедренных суставов), которым выполняли перикапсулярную ацетабулопластику по Pemberton, соблюдая описанную автором оперативную технику. У всех пациентов обеих групп обязательным этапом проводили тенотомию *m. iliopsoas* у нижней апертуры вертлужной впадины с последующей капсулотомией и ревизией вертлужной впадины, а также в зависимости от угловых величин проксимального отдела бедренной кости выпол-

няли межвертельную корригирующую остеотомию [16].

Пациентам обеих групп проводили клиническое обследование, характерное для данного ортопедического заболевания тазобедренного сустава, и лучевое исследование, которое заключалось в выполнении рентгенографии тазобедренных суставов в прямой проекции, в положении по Lauenstein и в положении отведения и внутренней ротации нижних конечностей до и после проведенного хирургического лечения. В настоящем исследовании основной акцент мы делали на оценке рентгеноанатомического строения вертлужной впадины после хирургической коррекции. При рентгенометрию оценивали следующие показатели: ацетабулярный индекс (АИ), угол Wiberg, шеечно-диафизарный угол (ШДУ), угол антеверсии проксимального отдела бедренной кости (УА), степень костного покрытия (СКП), а также глубину вертлужной впадины (AD) и высоту таза (PH) (рис. 1).



**Рис. 1.** Методика расчета показателей у пациента с дисплазией тазобедренных суставов IV ст. по классификации IHDI:

а — глубины вертлужной впадины: желтая линия — внутренний контур вертлужной впадины; черная — линия, соединяющая латеральный край вертлужной впадины с нижним краем «фигуры слезы»; голубая (глубина вертлужной впадины) — перпендикуляр, проведенный от самой медиальной части вертлужной впадины до черной линии; б — высоты таза

**Fig. 1.** Calculation of indicators in a patient with hip dysplasia IHDI type IV:

a — acetabular depth: yellow line — the inner contour of the acetabulum; black — the line connecting the lateral edge of the acetabulum with the lower edge of the “tear drop figure”; blue (the depth of the acetabulum) — perpendicular from the medial part of the acetabulum to the black line; b — the pelvic height

### Техника операции

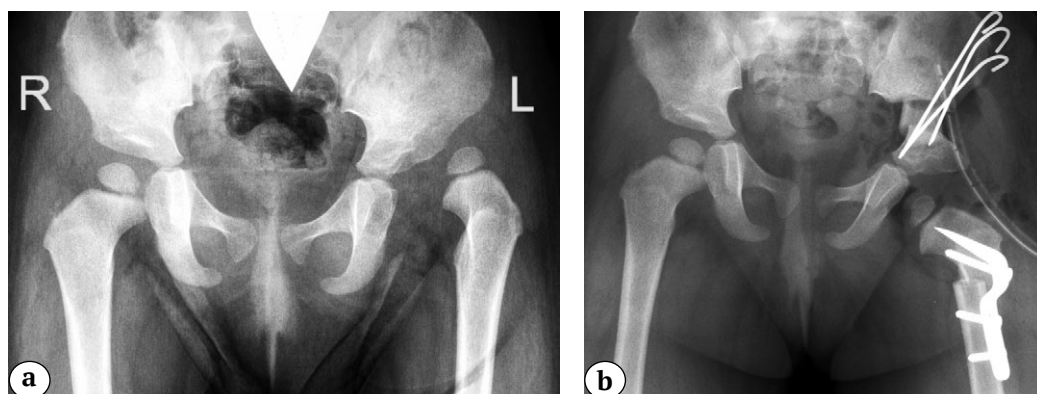
Всем пациентам реконструктивное хирургическое вмешательство выполнялось из переднебокового доступа. После выполнения внутрисуставных манипуляций и остеотомии бедренной кости с иссечением костного аутотрансплантата и дополнительного укорочения бедренной кости у пациентов I группы осуществляли поднадкостничный доступ и остеотомию тела подвздошной кости. После этого выполняли ротацию ацетабулярного фрагмента кнаружи и кпереди при помо-

щи однозубого крючка. В положении достигнутой коррекции в диастаз между фрагментами подвздошной кости помещали аутотрансплантат из бедренной кости и проводили фиксацию 3–4 спицами Киршнера (рис. 2).

У пациентов II группы также после идентичных манипуляций как внутри сустава, так и на бедренной кости и аналогичного выделения подвздошной кости долотами проводилось углообразное перикапсулярное сечение внутреннего и на-

ружного кортикальных слоев подвздошной кости таким образом, чтобы вертикальная часть сечения проходила на расстоянии не менее 0,5 см от задней колонны таза и строго параллельно ей. После этого

при помощи спредеров производилось «отгибание» свода вертлужной впадины наружу и кпереди, при этом задняя колонна таза оставалась интактной (рис. 3).



**Рис. 2.** Рентгенограммы тазобедренных суставов пациента 2018 г.р. с дисплазией тазобедренных суставов IV ст. по IHDI в переднезадней проекции: а — до операции; б — после хирургического лечения с применением модифицированной методики остеотомии таза по Salter

**Fig. 2.** X-rays of hip joints of patient born in 2018 with hip dysplasia IHDI type IV in an anterior-posterior projection: а — before surgery; б — after surgical treatment using Salter's osteotomy



**Рис. 3.** Рентгенограммы тазобедренных суставов пациента 2018 г.р. с дисплазией тазобедренных суставов III ст. по IHDI в переднезадней проекции: а — до операции; б — после хирургического лечения с применением остеотомии таза по Pemberton

**Fig. 3.** X-rays of hip joints in an anterior-posterior projection of patient born in 2018 with hip dysplasia IHDI type III: а — before surgery; б — after surgical treatment using the Pemberton pelvic osteotomy

### Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS Statistic v.26 (IBM, США). Выполнялся расчет средних арифметических величин (M), стандартного отклонения (SD), медианы (Me) с квартилями (25%; 75%). Анализ между групп пациентов проводился по непараметрическому U-критерию Манна – Уитни. Внутри групп анализ полученных данных проводился по критерию Вилкоксона. Статистически значимым считался результат при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ

При поступлении в стационар законные представители пациентов обеих групп исследования предъявляли жалобу на хромоту у детей. Относительное укорочение нижней конечности составило  $1,3 \pm 0,5$  см. В ходе проведения гониометрии были диагностированы типичные для диспластического характера заболевания изменения амплитуды движений в тазобедренных суставах, которые заключались в умеренном ограничении отведения ( $34 \pm 6^\circ$ ), избыточной внутренней ( $60 \pm 10^\circ$ ) и наружной ротации ( $50 \pm 10^\circ$ ) (табл. 1).



Таблица 1

**Показатели рентгеноанатомического строения и стабильности тазобедренного сустава у пациентов до операции, M±SD, Me (25%; 75%)**

Показатель	I группа	II группа	Контралатеральный сустав
АИ, град.	41,6±3,2 41,5 (40,0; 42,8)	42,3±3,1 42,0 (40,0; 44,0)	20,6±2,0 20,5 (19,0; 22,8)
Угол Wiberg, град.	Отрицательные значения	Отрицательные значения	28,7±2,0 29,0 (27,0; 30,5)
AD, мм	6,0±0,6 6,0 (5,6; 6,3)	5,5±0,5 5,5 (5,2; 5,8)	9,6±1,0 9,5 (9,0; 10,4)
PH, мм	56,5±4,8 56,0 (52,8; 59,0)	55,1±6,8 56,9 (50,0; 60,3)	55,9±5,8 56,1 (51,3; 60,2)
ШДУ, град.	142,5±4,3 142,5 (140,3; 144,8)	141,9±4,0 142,0 (140,0; 144,0)	142,2±4,1 142,0 (140,0; 144,0)
УА, град.	46,0±5,6 45,5 (40,3; 50,8)	46,7±5,8 47,1 (41,5; 52,0)	40,3±3,6 40,0 (37,9; 42,3)
СКП, %	0	0	90,0±6,0 90,0 (85,0; 95,0)

Из представленных в таблице 1 данных можно сделать заключение, что у пациентов обеих групп имело место выраженное недоразвитие свода вертлужной впадины с уменьшением ее глубины, а также снижение высоты таза на стороне заболевания, увеличение значений ШДУ и УА проксимального отдела бедренной кости. Отрицательные значения показателей угла Wiberg и коэффициента костного покрытия объясняются наличием вывиха бедра (III–IV степени по IHDI). Идентичность полученных значений по выше обозначенным показателям рентгеноанатомического строения

тазобедренного сустава и его стабильности, подтвержденная данными статистики, позволила проводить дальнейший сравнительный анализ полученных результатов хирургического лечения, которые оценивались спустя 6 мес. после реконструктивного вмешательства.

На момент осмотра все пациенты находились на строгом ортопедическом режиме, который исключал возможность осевой нагрузки на нижние конечности. В связи с этим оценка походки не проводилась. Данные гониометрии представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Амплитуда движений в тазобедренных суставах у пациентов после хирургического лечения, M±SD, Me (25%;75%)**

Движение	I группа	II группа
Сгибание, град.	112,8±6,2 112,5 (110,0; 120,0)	115,0±3,7 115,0 (115,0; 120,0)
Отведение, град.	36,0±3,9 35,0 (35,0; 45,0)	36,5±2,9 35,0 (35,0; 40,0)
Внутренняя ротация, град.	18,5±4,3 20,0 (15,0; 20,0)	18,5±4,3 20,0 (15,0; 20,0)
Наружная ротация, град.	40,8±5,4 40,0 (35,0; 45,0)	41,0±5,2 42,5 (35,0; 45,0)

Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что через 6 мес. после проведенного хирургического вмешательства амплитуда движений в оперированном тазобедренном суставе в трех плоскостях у пациентов обеих групп практически достигла физиологических значений. Показатели внутренней и наружной ротации

претерпели статистически значимые изменения в сравнении с дооперационными значениями ( $p<0,05$ ) за счет коррекции угла антеверсии проксимального отдела бедренной кости.

Результаты лучевых методов исследования пациентов обеих групп через 6 мес. после операции представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели рентгеноанатомического строения и стабильности тазобедренного сустава пациентов через 6 мес. после операции, M $\pm$ SD, Me (25%; 75%)

Показатель	I группа	II группа	Контралатеральный сустав
АИ, град.	12,6 $\pm$ 1,6 12,0 (11,8; 14,0)	15,4 $\pm$ 1,9 16,0 (14,0; 17,0)	20,6 $\pm$ 2,0 20,5 (19,0; 22,8)
Угол Wiberg, град.	38,1 $\pm$ 3,5 39,0 (37,0; 40,0)	31,0 $\pm$ 2,6 31,0 (28,5; 33,0)	28,7 $\pm$ 2,0 29,0 (27,0; 30,5)
AD, мм	6,4 $\pm$ 1,3 6,1 (5,7; 6,7)	9,8 $\pm$ 0,8 9,9 (9,4; 10,4)	9,6 $\pm$ 1,0 9,5 (9,0; 10,4)
РН, мм	69,7 $\pm$ 5,3 70,0 (66,3; 72,6)	57,9 $\pm$ 6,7 59,0 (52,6; 64,0)	55,9 $\pm$ 5,8 56,1 (51,3; 60,2)
ШДУ, град.	128,1 $\pm$ 4,8 128,0 (124,5; 132,3)	128,5 $\pm$ 4,4 129,0 (124,5; 132,0)	142,2 $\pm$ 4,1 142 (140; 144)
УА, град.	14,9 $\pm$ 3,3 15,0 (12,8; 18,0)	15,9 $\pm$ 2,5 16,0 (14,5; 17,5)	40,3 $\pm$ 3,6 40,0 (37,9; 42,3)
СКП, %	101,6 $\pm$ 5,2 100,0 (98,6; 105,0)	98,6 $\pm$ 3,2 100,0 (95,0; 100,0)	90,0 $\pm$ 6,0 90,0 (85,0; 95,0)

Из представленных в таблице 3 данных следует, что у пациентов обеих групп показатели, характеризующие рентгеноанатомическое строение как вертлужной впадины, так и проксимального отдела бедренной кости претерпели значительные изменения в сравнении со значениями до операции ( $p < 0,05$ ). Это свидетельствует о восстановлении стабильности тазобедренного сустава. Вместе с тем значения АИ и угла Wiberg у пациентов, которым была выполнена модифицированная остеотомия таза по Salter, говорят о достижении большей коррекции ( $p < 0,05$ ) по сравнению с пациентами, которым была выполнена перикапсулярная ацетабулопластика по Pemberton.

Отдельного внимания заслуживает оценка показателей глубины вертлужной впадины и высоты таза. Так, у пациентов I группы не отмечалось значимого изменения ( $p > 0,05$ ) показателя AD как в сравнении с исходными, так и с послеоперационными показателями, чего нельзя сказать о высоте таза, которая статистически значимо увеличилась ( $p < 0,05$ ). Вместе с тем значения AD и РН у пациентов I группы имели выраженные отличия ( $p < 0,05$ ) от таковых у пациентов II группы, значения которых были приближены к аналогичным показателям в контралатеральном «здоровом» тазобедренном суставе. Таким образом, можно сделать вывод, что остеотомия таза по Salter в вышеописанной модификации обладает высоким корригирующим потенциалом, но с риском достижения гиперкоррекции положения вертлужной впадины по сравнению с перикапсулярной ацетабулопластикой, не влияющей на форму тазового компонента тазобедренного сустава и приводящей к увеличению высоты гемипельвиса. Остеотомия таза по Pemberton

является эффективной методикой достижения адекватной коррекции диспластичной вертлужной впадины, изменяет ее форму за счет увеличения глубины и не имеет существенного влияния на высоту таза.

Осложнений в виде асептического некроза головки бедренной кости, релюксации или появления другого вида нестабильности в оперированном суставе, а также мальпозиции положения металлоконструкций не было отмечено ни у одного пациента в обеих группах исследования.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Поздняя диагностика, несоблюдение основных лечебных принципов, а также применение неадекватных методик консервативного лечения дисплазии тазобедренных суставов у детей неизбежно приводит к необходимости радикальных реконструктивно-пластических операций, направленных на достижение стабильного концентрического вправления и удержания головки бедренной кости в вертлужной впадине за счет изменения анатомического строения тазового и бедренного компонентов сустава. Все это абсолютно необходимо для дальнейшего нормально развития тазобедренного сустава и снижения риска развития раннего коксартроза [17, 18, 19].

На сегодняшний день в мировой ортопедической практике у пациентов раннего детского возраста наиболее распространенными методами хирургической коррекции диспластичной вертлужной впадины являются остеотомия таза по Salter в различных модификациях, по Pemberton и по Dega. Научные публикации свидетельствуют о высокой эффективности данных методик хирур-

гического лечения в среднесрочном и отдаленном периодах наблюдения [21, 22, 23, 24]. Вместе с тем исследования, посвященные сравнительному анализу изменения рентгеноанатомического состояния тазобедренного сустава после остеотомии таза по Salter и Pemberton, носят единичный характер, несмотря на их широкое повсеместное применение [25, 26, 27, 28]. Так, В. Dello Russo и J.G. Candia Taria провели сравнительный анализ лечения детей с дисплазией тазобедренных суставов II–IV ст. по классификации Tönnis, который показал, что коррекция АИ была больше после выполнения перикапсулярной ацетабулопластики по Pemberton по сравнению с классической остеотомией по Salter — 24° и 13° соответственно. Это привело к более значительному увеличению угла Wiberg в группе ацетабулопластики по Pemberton по сравнению с остеотомией по Salter — 35° и 27° соответственно [25]. Аналогичные данные представили N. Ezirmik и K. Yildiz [28]. В их исследовании средняя величина коррекции АИ при выполнении остеотомии таза по Pemberton и Salter составила 25,78° и 18,33° соответственно, а значения угла Wiberg — 43,11° и 37,15°. K. Gharanzadeh с коллегами проанализировали изменения АИ у пациентов, которым выполняли операцию Salter в модификации Kalamchi и ацетабулопластику по Pemberton, и не выявили значимых различий в обеих группах. Они пришли к выводу об идентичной эффективности этих двух хирургических способов коррекции диспластичной вертлужной впадины [29]. В нашем исследовании мы получили другой результат — средняя величина коррекции АИ у пациентов после модифицированной остеотомии таза по Salter составила 29,0° против 26,9° у пациентов с перикапсулярной ацетабулопластикой по Pemberton, а послеоперационные значения угла Wiberg составили 39° и 31° соответственно. Этот факт можно объяснить особенностями нашей модификации остеотомии таза по Salter, а именно преобладанием латерального наклона ацетабулярного фрагмента над ротацией кпереди, типичной для авторской методики [30].

Одновременно с этим необходимо отметить, что достижение гиперкоррекции может иметь негативные последствия в отдаленном периоде в связи с риском развития фемороацетабулярного импинджмента [31, 32, 33]. Таким образом, перикапсулярная ацетабулопластика позволяет приблизить показатели АИ и угла Wiberg к возрастной норме [34]. Изменения со стороны глубины вертлужной впадины в нашем исследовании были выявлены только в группе пациентов с остеотомией таза по Pemberton, что соответствует данным литературы [25, 35]. Рядом авторов был проведен анализ изменения длины нижних конечностей после

выполнения остеотомии таза по Salter и Pemberton [28, 36]. N. Ezirmik и K. Yildiz, проведя анализ результатов хирургического лечения 57 пациентов с двусторонней дисплазией тазобедренных суставов, которым на одном суставе была выполнена классическая остеотомия таза по Salter, а на другом — ацетабулопластика по Pemberton, обнаружили, что на стороне, где была проведена операция Salter, нижняя конечность длиннее в среднем на 0,5 см [28]. Вместе с тем рентгенометрия высоты таза и ШДУ не проводилась, что ограничивает ценность данного исследования. Группа хирургов из Тайваня, проведя сравнительный анализ высоты гемипельвиса у двух групп детей, получавших лечение вышеуказанными хирургическими методиками, пришли к выводу, что у всех пациентов происходит увеличение высоты таза на стороне вмешательства, но при выполнении остеотомии таза по Salter оно было в 2 раза больше, чем при выполнении ацетабулопластики [36]. В нашем исследовании мы не обнаружили значимого изменения данного показателя у пациентов, которым была выполнена остеотомия таза по Pemberton, в то время как в I группе пациентов высота таза увеличилась в среднем на 13,8 мм. На наш взгляд, это вызвано низведением ацетабулярного фрагмента во время латерального наклона в ходе выполнения модифицированной остеотомии таза по Salter. Это может приводить к избыточной компрессии суставных поверхностей, что, в свою очередь, может привести к тугоподвижности в тазобедренном суставе, а деформация гемипельвиса — к развитию биомеханических и структурных нарушений как со стороны суставов нижних конечностей, так и со стороны поясничного отдела позвоночника. Вместе с тем необходимо отметить, что перикапсулярная ацетабулопластика по Pemberton не приводит к изменению анатомии тазового кольца и родового канала, а также не требует повторного хирургического вмешательства по удалению внутренних фиксирующих устройств в отличие от остеотомии таза по Salter, что подтверждается данными литературы [27, 28]. Кроме того, перикапсулярная ацетабулопластика по Pemberton является технически более сложной операцией, а нарушение техники ее выполнения может привести к ятрогенному перелому задней колонны таза, что скажется на первичной фиксации аутоартропланта с его возможной миграцией и потерей операционной коррекции в целом, а также повреждению Y-образного хряща и его преждевременному закрытию [37, 38]. Все это может потребовать проведения повторных реконструктивных операций на тазобедренном суставе и оказать негативное влияние как на состояние тазобедренного сустава, так и на образ жизни ребенка.

### Ограничения исследования

Настоящее исследование ограничено сроками наблюдения и только рентгенологической оценкой показателей тазового и бедренного компонентов сустава. Планируется изучение результатов лечения пациентов в отдаленном периоде с проведением комплексного клинко-рентгенологического изучения состояния тазобедренного сустава и позвоночно-тазовых соотношений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При лечении детей с дисплазией тазобедренных суставов III–IV ст. по классификации IHDI выполнение модифицированной остеотомии таза по Salter приводит к значительному уменьшению значений AI и увеличению угла Wiberg, что соответствует гиперкоррекции положения вертлужной впадины, не влияет на глубину вертлужной впа-

дины и способствует удлинению гемипельвиса в среднем на 13,8 мм. Перикапсулярная остеотомия таза по Pemberton позволяет достичь значений показателей AI и угла Wiberg, близких к возрастным показателям нормы, приводит к увеличению глубины вертлужной впадины, приближающейся по своему значению к контралатеральному суставу, и не оказывает существенного влияния на высоту таза.

Отсутствие «идеальной» остеотомии таза для лечения дисплазии тазобедренных суставов различной степени тяжести требует дальнейшего проведения комплексного анализа результатов хирургических вмешательств у данной категории пациентов, в результате чего будет возможна разработка алгоритма дифференцированного подхода к выбору методики хирургической коррекции диспластичной вертлужной впадины.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

#### Заявленный вклад авторов

*Бортулёв П.И.* — разработка дизайна и методологии исследования, формулировка цели, написание текста статьи, сбор и анализ данных, обзор литературы, хирургическое лечение пациентов.

*Баскаева Т.В.* — сбор данных результатов обследования пациентов, хирургическое лечение, редактирование текста статьи.

*Виссарионов С.В.* — заключительное редактирование текста статьи.

*Барсуков Д.Б.* — хирургическое лечение пациентов, редактирование текста статьи.

*Поздниккин И.Ю.* — хирургическое лечение пациентов, редактирование текста статьи.

*Кожевников В.В.* — хирургическое лечение пациентов, 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 Министерства здравоохранения Российской Федерации (НИР №121031700122-6).

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

**Этическая экспертиза.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, протокол № 21-1 от 18 января 2021 г.

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

### DISCLAIMERS

#### Author contribution

*Bortulev P.I.* — research conception and design, collection and processing of material, literature review, treatment the patients, manuscript writing.

*Baskaeva T.V.* — the collection and processing of material, treatment the patients, manuscript editing.

*Vissarionov S.V.* — text editing.

*Barsukov D.B.* — treatment the patients, manuscript editing.

*Pozdnikin I.Yu.* — treatment the patients, manuscript editing.

*Kozhevnikov V.V.* — treatment the patients, manuscript editing.

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.** The study was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Health of the Russian Federation (Research No. 121031700122-6).

**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 21-1, 18.01.2021.

**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]

- 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.
- Čustović S., Šadić S., Vujadinović A., Hrustić A., Jašarević M., Čustović A. et al. The predictive value of the clinical sign of limited hip abduction for developmental dysplasia of the hip (DDH). *Med Glas (Zenica).* 2018;15(2):174-178. doi: 10.17392/954-18.
- Carlioz H. [Pelvic osteotomies in children and adolescents]. *Acta Orthop Belg.* 2000;66(4):321-328. (In French).
- Sutherland D.H., Moore M. Clinical and radiographic outcome of patients treated with double innominate osteotomy for congenital hip dysplasia. *J Pediatr Orthop.* 1991;11(2):143-148. doi: 10.1097/01241398-199103000-00001.
- Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю., Баскаева Т.В. Как часто формируется ретроверсия вертлужной впадины после реориентирующих остеотомий таза у детей старше 7 лет с дисплазией тазобедренных суставов? *Травматология и ортопедия России.* 2021;27(1):121-130. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-121-130. Bortulev P.I., Vissarionov S.V., Baskov V.E., Barsukov D.B., Pozdnikin I.Y., Baskaeva T.V. [Frequency of Acetabulum Retroversion Formation after Reorienting Pelvic Osteotomies in Children Over 7 Years Old with Developmental Dysplasia of the Hip]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(1):121-130. doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-121-130. (In Russian).
- Камоско М.М., Григорьев И.В. Остеотомии таза в лечении диспластической патологии тазобедренного сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2010;1:90-93. Kamosko M.M., Grigor'ev I.V. [Pelvic osteotomies at treatment of dysplastic hip pathology]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova* [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2010;1:90-93. (In Russian).
- Pekmezci M., Yazici M. Salter osteotomisi [Salter osteotomy: an overview]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41 Suppl 1:37-46. (In Turkish).
- Pemberton P.A. Pericapsular osteotomy of the ilium for treatment of congenital subluxation and dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1965;47:65-86.
- Dega W. [Transiliac osteotomy in the treatment of congenital hip dysplasia]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol.* 1974;39(5):601-613. (In Polish).
- McNerney N.P., Mubarak S.J., Wenger D.R. One-stage correction of the dysplastic hip in cerebral palsy with the San Diego acetabuloplasty: results and complications in 104 hips. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(1):93-103.
- Бережной А.П., Моргун В.А., Снетков А.И., Самков А.С., Гасанов М.М. Ацетабулопластика в реконструктивной хирургии остаточного подвывиха бедра у подростков. В кн.: *Заболевания и повреждения крупных суставов у детей: сб. науч. работ ЛНИИТО им. Г.И. Турнера.* Ленинград; 1989. с. 76-80. Berezhnoy A.P., Morgun V.A., Snetkov A.I., Samkov A.S., Gasanov M.M. Acetabuloplasty in reconstructive surgery for residual hip subluxation in adolescents. In: *Diseases and injuries of large joints in children.* Leningrad; 1989. p. 76-80.
- Najdi H., Mouarbes D., Karnib S., Dimassi A. Periacetabular triple osteotomy by single anterior approach for children under 6-years-old with severe acetabular deficiency: prevention of retroversion and anterior impingement. *J Pediatr Orthop B.* 2021;30(6):519-526. doi: 10.1097/BPB.0000000000000804.
- Li Y., Xu H., Slongo T., Zhou Q., Liu Y., Chen W. et al. Bernese-type triple pelvic osteotomy through a single incision in children over five years: a retrospective study of twenty eight cases. *Int Orthop.* 2018;42(12):2961-2968. doi: 10.1007/s00264-018-3946-3.
- Ramo B.A., De La Rocha A., Sucato D.J., Jo C.H. A New Radiographic Classification System for Developmental Hip Dysplasia is Reliable and Predictive of Successful Closed Reduction and Late Pelvic Osteotomy. *J Pediatr Orthop.* 2018;38(1):16-21. doi: 10.1097/BPO.0000000000000733.
- Tönnis D. Ischemic necrosis as a complication of treatment of C.D.H. *Acta Orthop Belg.* 1990;56(1 Pt A):195-206.
- Louahem M'sabah D., Assi C., Cottalorda J. Proximal femoral osteotomies in children. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(1 Suppl):S171-186. doi: 10.1016/j.otsr.2012.11.003.
- Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Волошин С.Ю., Барсуков Д.Б., Краснов А.И., Познович М.С. и др. Ошибки диагностики и начала консервативного лечения детей с врожденным вывихом бедра. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2017;5(2):42-51. doi: 10.17816/PTORS5242-51. Pozdnikin I.Yu., Baskov V.E., Voloshin S.Yu., Barsukov D.B., Krasnov A.I., Poznovich M.S. et al. [Errors of diagnosis and the initiation of conservative treatment in children with congenital hip dislocation]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery]. 2017;5(3):42-51. (In Russian). doi: 10.17816/PTORS5242-51.
- Aydin A., Kalali F., Yildiz V., Ezirmik N., Aydin P., Dostbil A. The results of Pemberton's pericapsular osteotomy in patients with developmental hip dysplasia. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2012;46(1):35-41. doi: 10.3944/aott.2012.2613.
- Malvitz T.A., Weinstein S.L. Closed reduction for congenital dysplasia of the hip. Functional and radiographic results after an average of thirty years. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76(12):1777-1792. doi: 10.2106/00004623-199412000-00004.
- Wada A., Sakalouski A., Nakamura T., Kubota H., Matsuo A., Taketa M. et al. Angulated Salter osteotomy in the treatment of developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 2022;31(3):254-259. doi: 10.1097/BPB.0000000000000883.
- Li L., Yang X., Song B., Jiang J., Yang L., Tang X. Biomechanical investigation of pelvic stability in developmental dysplasia of the hip: unilateral salter osteotomy versus one-stage bilateral salter osteotomy. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):169. doi: 10.1186/s13018-020-01683-w.
- Czubak J., Kowalik K., Kawalec A., Kwiatkowska M. Dega pelvic osteotomy: indications, results and complications. *J Child Orthop.* 2018;12(4):342-348. doi: 10.1302/1863-2548.12.180091.



23. Badrinath R., Bomar J.D., Wenger D.R., Mubarak S.J., Upasani V.V. Comparing the Pemberton osteotomy and modified San Diego acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip. *J Child Orthop.* 2019;13(2):172-179. doi: 10.1302/1863-2548.13.190004.
24. Balioglu M.B., Öner A., Aykut Ü.S., Kaygusuz M.A. Mid term results of Pemberton pericapsular osteotomy. *Indian J Orthop.* 2015;49(4):418-424. doi: 10.4103/0019-5413.159627.
25. Dello Russo B., Candia Tapia J.G. Comparison Results between Patients with Developmental Hip Dysplasia Treated with Either Salter or Pemberton Osteotomy. *Ortho Res Online J.* 2017;1(4). Available from: <https://crimsonpublishers.com/oproj/pdf/OPROJ.000519.pdf>.
26. Merckaert S.R., Zambelli P.Y., Edd S.N., Daniele S., Brigitte J. Mid- and long-term outcome of Salter's, Pemberton's and Dega's osteotomy for treatment of developmental dysplasia of the hip: a systematic review and meta-analysis. *Hip Int.* 2021;31(4):444-455. doi: 10.1177/1120700020942866.
27. Bhatti A., Abbasi I., Naeem Z., Jaffri K., Bhatti M.Y. A Comparative Study of Salter Versus Pemberton Osteotomy in Open Reduction of Developmental Dysplastic Hips and Clinical Evaluation on Bhatti's Functional Score System. *Cureus.* 2021;13(1):e12626. doi: 10.7759/cureus.12626.
28. Ezirmik N., Yildiz K. A Biomechanical Comparison between Salter Innominate Osteotomy and Pemberton Pericapsular Osteotomy. *Eurasian J Med.* 2012;44(1):40-42. doi: 10.5152/eajm.2012.08.
29. Gharanzadeh K., Bagherifard A., Abolghasemian M., Ahmadizadeh H., Abdollahi S., Bayat S. Comparison of Pemberton Osteotomy and Kalamchi Modification of Salter Osteotomy in the Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip. *J Res Orthop Sci.* 2020;7(4):169-174. doi: 10.32598/JROSI.7.4.727.1.
30. Salter R.B. The classic. Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip by Robert B. Salter, J. *Bone Joint Surg. (Brit)* 43B:3:518, 1961. *Clin Orthop Relat Res.* 1978;(137):2-14.
31. Castañeda P., Vidal-Ruiz C., Méndez A., Salazar D.P., Torres A. How Often Does Femoroacetabular Impingement Occur After an Innominate Osteotomy for Acetabular Dysplasia? *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(5):1209-1215. doi: 10.1007/s11999-016-4721-7.
32. Robb C.A., Datta A., Nayeemuddin M., Bache C.E. Assessment of acetabular retroversion following long term review of Salter's osteotomy. *Hip Int.* 2009;19(1): 8-12. doi: 10.1177/112070000901900102.
33. Dora C., Mascard E., Mladenov K., Seringe R. Retroversion of the acetabular dome after Salter and triple pelvic osteotomy for congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 2002;11(1):34-40. doi: 10.1097/00009957-200201000-00006.
34. Ozonoff M.B. *Pediatric Orthopedic Radiology.* Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1992. 803 p. Available from: <https://www.ohsu.edu/school-of-medicine/diagnostic-radiology/pediatric-radiology-normal-measurements>.
35. Ertürk C., Altay M.A., İşikan U.E. A radiological comparison of Salter and Pemberton osteotomies to improve acetabular deformations in developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 2013;22(6):527-532. doi: 10.1097/BPB.0b013e32836337cd.
36. Wang C.W., Wang T.M., Wu K.W., Huang S.C., Kuo K.N. The comparative, long-term effect of the Salter osteotomy and Pemberton acetabuloplasty on pelvic height, scoliosis and functional outcome. *Bone Joint J.* 2016;98-B(8):1145-1150. doi: 10.1302/0301-620X.98B8.37215.
37. Leet A.I., Mackenzie W.G., Szoke G., Harcke H.T. Injury to the growth plate after Pemberton osteotomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(2):169-176. doi: 10.2106/00004623-199902000-00004.
38. Huang S.C., Wang T.M., Wu K.W., Fang C.F., Kuo K.N. Pemberton Osteotomy for Acetabular Dysplasia. *JBJS Essent Surg Tech.* 2011;1(1):e2. doi: 10.2106/JBJS.ST.K.00003.

#### 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

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

Кожевников Вадим Витальевич — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-2556-3347>  
e-mail: Vadim-barnaul@bk.ru

#### Authors' information

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

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

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

Dmitry 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

Vadim V. Kozhevnikov — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-2556-3347>  
e-mail: Vadim-barnaul@bk.ru



## Микробиологический профиль зоны имплантации в условиях различной механической компрессии чрескожных имплантатов: экспериментальное исследование

М.В. Стогов<sup>1</sup>, А.А. Еманов<sup>1</sup>, Н.В. Годовых<sup>1</sup>, Е.Н. Овчинников<sup>1</sup>, Н.В. Тушина<sup>1</sup>,  
В.П. Кузнецов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» Минобрнауки России, г. Екатеринбург, Россия

**Актуальность.** Инфицирование чрескожных имплантатов у пациентов с ампутациями конечностей является наиболее частым осложнением. **Цель исследования** — оценка микробиологического обсеменения зоны имплантации в зависимости от механической компрессии имплантата в условиях его дополнительной внешней фиксации.

**Материал и методы.** Исследование выполнено на 36 самцах кроликов. Всем животным осуществляли распили большеберцовой кости на границе верхней и средней трети. Затем рассверливали костномозговой канал и устанавливали чрескожный имплантат в культю большеберцовой кости. Сегмент и имплантат фиксировали аппаратом Илизарова. Тридцати животным дополнительно устанавливали компрессионное устройство. Использовали 5 режимов компрессии, соответственно этому было сформировано 6 экспериментальных групп по 6 животных в каждой: группа 1 — без компрессии; группа 2 — компрессия на имплантат силой 0,053 Н/мм<sup>2</sup>; группа 3 — компрессия на имплантат силой 0,105 Н/мм<sup>2</sup>; группа 4 — компрессия на имплантат силой 0,158 Н/мм<sup>2</sup>; группа 5 — компрессия на имплантат силой 0,211 Н/мм<sup>2</sup>; группа 6 — компрессия на имплантат силой 0,263 Н/мм<sup>2</sup>. Удерживающее устройство демонтировали через 6 нед. после имплантации, общий период наблюдения составил 26 нед. Исследовали микрофлору места вхождения имплантата в кожу (интерфейс имплантат/кожа), определяли уровень лейкоцитов в крови и уровень С-реактивного белка в сыворотке крови.

**Результаты.** На 9–10-е сут. после имплантации в месте выхода металлического имплантата у животных разных групп обнаруживались существенные отличия микробного пейзажа. Наибольшее количество штаммов обнаружено у животных групп 1, 5 и 6; наименьшее — в группах 2 и 3. Наиболее часто обнаруживаемые штаммы — *S. saprophyticus* и *Enterococcus* spp. Наибольшее статистически значимое повышение уровня С-реактивного белка в сыворотке крови отмечалось у животных группы 6. Уровень лейкоцитов у животных всех групп статистически значимо не изменялся относительно дооперационных значений. У животных с лучшей остеоинтеграцией (в группах 2 и 3 не было случаев выпадения имплантатов) наблюдалось минимальное число растущих штаммов.

**Заключение.** Микробиологический профиль зоны имплантации в условиях различной механической компрессии чрескожных имплантатов изменяется в зависимости от величины нагрузок. Применение нагрузок в пределах 0,053–0,105 Н/мм<sup>2</sup> лучше сказывается на приживаемости имплантатов и обсемененности зоны имплантации, чем отсутствие компрессии.

**Ключевые слова:** протезирование, остеоинтеграция, имплантат, микробиологическое обсеменение, компрессия, аппарат Илизарова.

Стогов М.В., Еманов А.А., Годовых Н.В., Овчинников Е.Н., Тушина Н.В., Кузнецов В.П. Микробиологический профиль зоны имплантации в условиях различной механической компрессии чрескожных имплантатов: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):38-47. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1725>.

Стогов Максим Валерьевич; e-mail: stogo\_off@list.ru

Рукопись получена: 13.01.2022. Рукопись одобрена: 10.03.2022. Статья опубликована онлайн: 30.03.2022.

© Стогов М.В., Еманов А.А., Годовых Н.В., Овчинников Е.Н., Тушина Н.В., Кузнецов В.П., 2022



## Microbiological Profile of the Implantation Zone under Different Mechanical Compression of Percutaneous Implants: Experimental Study

Maksim V. Stogov<sup>1</sup>, Andrey A. Emanov<sup>1</sup>, Natalia V. Godovykh<sup>1</sup>, Evgenyi N. Ovchinnikov<sup>1</sup>,  
Natalia V. Tushina<sup>1</sup>, Viktor P. Kuznetsov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

<sup>2</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

**Background.** Infection of percutaneous implants in patients with limb amputation is the most common complication.

**Aim of the study** — evaluation of the microflora in the implantation zone depending on the mechanical compression of the implant in conditions of its additional external fixation.

**Methods.** The study was performed on 36 male rabbits. The tibia of all the rabbits was sawn at the border of the upper and middle parts. The medullary canal was reamed and a percutaneous implant was placed in the tibial stump. The segment and the implant were fixed with an Ilizarov apparatus. An additional compression device was installed in 30 animals. We used 5 compression modes, accordingly, 6 experimental groups were formed, 6 animals in each: group 1 — without compression, group 2 — compression on the implant with force of 0.053 N/mm<sup>2</sup>, group 3 — compression on the implant with force of 0.105 N/mm<sup>2</sup>, group 4 — compression on the implant with force of 0.158 N/mm<sup>2</sup>, group 5 — compression on the implant with force of 0.211 N/mm<sup>2</sup>, group 6 — compression on the implant with force of 0.263 N/mm<sup>2</sup>. The restraint was removed 6 weeks after implantation for a total follow-up of 26 weeks. The microflora of the place where the implant enters the skin (the implant / skin interface) was investigated, the level of blood leukocytes and the level of C-reactive protein in blood serum were determined.

**Results.** On days 9-10 after implantation, significant differences in the microbial landscape were found at the site of the exit of the metal implant in animals of different groups. The largest number of strains was found in animals of groups 1, 5 and 6, the smallest in groups 2 and 3. The most frequently detected strains: *S. saprophyticus* and *Enterococcus* spp. It was found that the greatest statistically significant increase in the level of CRP in the blood serum was observed in animals of group 6. The level of leukocytes in animals of all groups did not change statistically significantly relative to preoperative values. Animals with better osseointegration (groups 2 and 3 — no cases of implant loss) showed a minimal number of growing strains.

**Conclusions.** The microbiological profile of the implantation zone of percutaneous implants changes depending on the amount of mechanical compression. The optimal mode is 0.053-0.105 N/mm<sup>2</sup>.

**Keywords:** prosthetics, osseointegration, implant, microflora, compression, Ilizarov apparatus.

---

**Cite as:** Stogov M.V., Emanov A.A., Godovykh E.N., Ovchinnikov E.N., Tushina N.V., Kuznetsov V.P. [Microbiological Profile of the Implantation Zone under Different Mechanical Compression of Percutaneous: Implants Experimental Study]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):38-47. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1725>.

✉ Maksim V. Stogov; e-mail: [stogo\\_off@list.ru](mailto:stogo_off@list.ru)

Submitted: 13.01.2022. Accepted: 10.03.2022. Published Online: 30.03.2022.

© Stogov M.V., Emanov A.A., Godovykh E.N., Ovchinnikov E.N., Tushina N.V., Kuznetsov V.P., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время широкое клиническое применение у пациентов с ампутациями конечностей находит технология остеоинтеграции, когда интегрируемый в кость чрескожный имплантат обеспечивает прямое механическое соединение между костью и внешним протезом [1]. Опыт клинического применения данной технологии растет [2, 3, 4, 5]. При этом наиболее частыми осложнениями являются нестабильность имплантата и его инфицирование [6, 7, 8].

Комплексное решение этих проблем многими авторами видится в основном в совершенствовании характеристик самого имплантата — прежде всего в модификации поверхности с целью улучшения его биосовместимости и обеспечения антибактериальных характеристик [9, 10, 11, 12]. Определенным решением этих проблем может являться совершенствование самой процедуры имплантации, в частности за счет перехода с двухэтапной технологии, которая к настоящему времени является наиболее признанной [13], на одноэтапную, разработка которой началась недавно [14]. В этом направлении нами разработана технология одноэтапной имплантации с дополнительной фиксацией имплантата аппаратом внешней фиксации и возможностью осуществлять компрессию (патент на полезную модель № 185647, патент на изобретение № 2631631).

**Цель исследования** — оценить микробиологическое обсеменение зоны имплантации в зависимости от механической компрессии имплантата в условиях его дополнительной внешней фиксации.

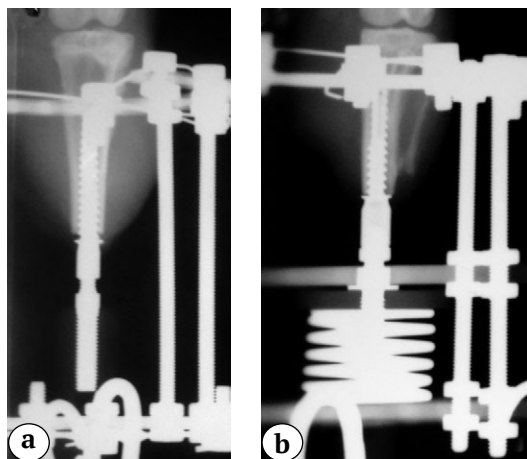
## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводили на 36 самцах кроликов породы шиншилла в возрасте от 6 до 11 мес., средний вес  $3,6 \pm 0,4$  кг. Животные поступали из питомника. Микробиологический статус — конвенциональные животные.

Исследование выполнено в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10993-1-2011; ГОСТ 33215-2014; ГОСТ 33216-2014.

Всем кроликам в операционной осуществляли распил большеберцовой кости на границе верхней и средней трети с помощью пилы Джигли. После этого рассверливали костномозговой канал до 4,0 или 4,5 мм, вкручивали имплантат (патент РФ № 152558) диаметром 4,5 или 5,0 мм соответственно в культю большеберцовой кости (в зависимости от диаметра костномозгового канала) (рис. 1). Мягкие ткани послойно ушивали. В каждом лоскуте производили разрез для выведения наружной части имплантата и формировали культю. Далее монтировали аппарат Илизарова. Для этого проводили спицы под углом  $90^\circ$  через проксимальный

отдел большеберцовой кости и дистальную часть аббатмента, которые были с упорной площадкой. Далее на кость и протез устанавливали компрессионное устройство (патент № 2631631) (30 кроликов). Использовали 5 режимов компрессии.



**Рис. 1.** Рентгенограммы после операции. Имплантат в большеберцовой кости: а — без компрессионного устройства (группа 1); б — с компрессионным устройством

**Fig. 1.** Postoperative X-rays. Tibial implant: a — without compression device (group 1); b — with compression device

Всего было сформировано 6 экспериментальных групп по 6 кроликов в каждой: группа 1 — без компрессии; группа 2 — компрессия на имплантат силой  $0,053 \text{ Н/мм}^2$ ; группа 3 — компрессия на имплантат силой  $0,105 \text{ Н/мм}^2$ ; группа 4 — компрессия на имплантат силой  $0,158 \text{ Н/мм}^2$ ; группа 5 — компрессия на имплантат силой  $0,211 \text{ Н/мм}^2$ ; группа 6 — компрессия на имплантат силой  $0,263 \text{ Н/мм}^2$ . Перед операцией животные были распределены по группам в случайном порядке.

## Послеоперационное наблюдение и содержание животных

Удерживающее устройство демонтировали через 6 нед. после имплантации. Общий период наблюдения составил 26 нед. В первые трое суток всем животным назначали антибиотики (энроксил  $5 \text{ мг/кг}$ ), дополнительно в первые 5 дней после операции через отверстие в имплантате проводили антисептическую обработку 1% раствором хлоргексидина в объеме 3 мл. Обработку раны проводили 0,05% раствором хлоргексидина в течение 10 дней. Места выхода спиц удерживающего устройства обрабатывали 3% раствором перекиси водорода в течение 10–14 дней.

В ходе исследования животные содержались в специализированном виварии исследовательского центра. Кроликов содержали в клетках по



одному животному. Клетки были оборудованы емкостями для корма и воды. Подстил — опилки хвойных пород деревьев. Влажную уборку клеток осуществляли ежедневно. Корм давали раз в день, питьевую воду — без ограничений. Перед началом эксперимента животные проходили карантин в течение 21 сут.

Плановую эвтаназию животных осуществляли через 26 нед. после имплантации путем введения многократно превышенной дозы барбитуратов. В случае выпадения имплантата животных выводили из эксперимента внепланово, сразу после обнаружения выпадения.

### Оценка результатов

Оценку приживаемости имплантата оценивали по отсутствию его выпадения на конечном сроке наблюдения — 26-я нед. после имплантации. Осуществляли рентгенологический контроль на сроках 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 26 нед. имплантации. После снятия компрессионного устройства ежедневно выполняли клиническую пробу — оценивали подвижность имплантата.

Лабораторные исследования включали бактериологическое исследование места вхождения имплантата в кожу (интерфейс имплантат/кожа), определение лейкоцитов в крови и С-реактивного белка (СРБ) в сыворотке крови на сроках эксперимента.

Пробы для микробиологического исследования отбирались из ран интраоперационно с соблюдением правил асептики и на 9–10-е сут. после установки аппарата из зоны вхождения имплантата в кожу. Отобранные образцы немедленно доставляли в лабораторию. Для выделения аэробных и факультативно-анаэробных бактерий посев производили на следующие питательные среды: питательный агар, содержащий 5% крови; желточно-солевой агар; среда Левина; среда Сабуро. Посевы инкубировали при температуре 37°C в течение 24–48 ч. Для определения степени обсемененности посев делили на секторы. После инкубирования подсчитывали количество колоний каждого типа в секторах, результат выражали через десятичный логарифм величины выросших колоний (КОЕ/мл). Родовую и видовую идентификацию выделенных бактериальных культур проводили традиционным методом на основании изучения их тинкториальных, культуральных и биохимических свойств. Антибиотикочувствительность выделенных штаммов определяли диско-диффузионным методом на среде Мюллера–Хинтона. Выбор тестируемых препаратов был проведен согласно клиническим рекомендациям\*. В набор тестируемых препаратов входили: для грамположительных микроорга-

низмов — цефокситин, гентамицин, клиндамицин, эритромицин, цiproфлоксацин, ванкомицин; для *Enterobacteriaceae* — ампициллин, амоксициллин/клауланат, цефтазидим, цефтриаксон, меропенем, цiproфлоксацин, гентамицин; для неферментирующих грамотрицательных бактерий — цефепим, имипенем, меропенем, цiproфлоксацин, амикацин, гентамицин, цефтазидим.

Лейкоциты определяли на автоматическом гематологическом анализаторе ProCyte Dx (IDEXX Lab., Нидерланды), концентрацию СРБ — на автоматическом биохимическом анализаторе Hitachi/ВМ 902 (F. Hoffmann-La Roche Ltd., Италия), используя наборы реагентов фирмы Vital Diagnostic (Россия).

### Статистический анализ

Результаты количественных признаков представлены в виде медианы, 1–3 квартилей (Me; Q1–Q3). Нормальность выборок определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Процедуру статистической оценки значимости отличий показателей на сроках эксперимента с дооперационными значениями проводили с использованием W-критерия Вилкоксона. Достоверность межгрупповых различий оценивали с помощью непараметрического критерия Краскела–Уоллиса. Минимальный уровень значимости (*p*) принимали равным 0,05. Статистический анализ проводили с использованием надстройки AtteStat 13.1 к электронным таблицам Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования показали, что в раневых пробах, взятых интраоперационно, обнаружен единичный рост микроорганизмов (табл. 1). У 4 животных групп 1, 4, 5, 6 в пробах были обнаружены единичные клетки бактерий, которые являлись представителями нормальной микрофлоры кожи животных, принадлежащих к двум таксонам: *Staphylococcus epidermidis* (*n* = 2) и *Enterococcus* spp. (*n* = 2). Микробная обсемененность для этих штаммов составляла менее 10<sup>5</sup> КОЕ/мл.

На 9–10-е сут. после имплантации на месте выхода металлического имплантата у животных разных групп обнаруживались существенные отличия микробного пейзажа (табл. 2). Наибольшее количество штаммов обнаружено у животных групп 1, 5 и 6, наименьшее — в группах 2 и 3. Наиболее часто встречаемые штаммы: *S. saprophyticus* и *Enterococcus* spp. При анализе антибиотикограмм бактерий, выделенных из ран экспериментальных животных, установлено преобладание количества устойчивых изолятов грамположительных микро-

\* Клинические рекомендации. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам. Версия 2021 — 01:225.



организмов. У животных группы 6 на 9–10-е сут. после имплантации по сравнению с остальными группами микробный пейзаж был наиболее специфичен. Здесь присутствовали 4 штамма, не обнаруживаемые у животных других групп: *S. warneri*,

*S. haemolyticus*, *Enterobacter* spp., *Acinetobacter* spp. Такая картина говорила о том, что высокие значения компрессии, так же как и ее отсутствие, были ассоциированы с ростом инфицирования зоны выхода имплантата.

Таблица 1

**Видовой состав бактерий, выделенных из ран животных интраоперационно**

Спектр выделенных бактерий	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6
<i>S. epidermidis</i> (+)	–	–	–	<10 <sup>5</sup>	–	<10 <sup>5</sup>
<i>Enterococcus</i> spp. (+)	<10 <sup>5</sup>	–	–	–	<10 <sup>5</sup>	–
Итого						
Количество штаммов	1	0	0	1	1	1
Количество животных	1	0	0	1	1	1

(+) – грамположительные бактерии.

Таблица 2

**Видовой состав бактерий, выделенных из ран животных на 9–10-е сут. после имплантации**

Спектр выделенных бактерий	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6
<i>S. aureus</i> (+)	4 (10 <sup>5</sup> )*	–	–	–	2 (10 <sup>5</sup> )	1 (10 <sup>6</sup> )
<i>S. saprophyticus</i> (+)	3 (10 <sup>5</sup> )	1 (10 <sup>5</sup> )	2 (10 <sup>5</sup> )	–	1 (10 <sup>5</sup> )	1 (10 <sup>6</sup> )
<i>S. epidermidis</i> (+)	2** (10 <sup>5</sup> )	–	–	–	2** (10 <sup>5</sup> )	1** (10 <sup>6</sup> )
<i>S. warneri</i> (+)	–	–	–	–	–	4 (10 <sup>4</sup> )
<i>S. haemolyticus</i> (+)	–	–	–	–	–	1 (10 <sup>6</sup> )
<i>Streptococcus</i> spp. (+)	1 (10 <sup>4</sup> )	–	–	–	1 (10 <sup>4</sup> )	–
<i>Corynebacterium</i> spp. (+)	1 (10 <sup>5</sup> )	–	–	–	1 (10 <sup>5</sup> )	–
<i>Enterococcus</i> spp. (+)	2 (10 <sup>5</sup> )	–	–	2 (10 <sup>4</sup> )	1 (10 <sup>5</sup> )	2 (10 <sup>6</sup> )
<i>Enterobacter</i> spp. (-)	–	–	–	–	–	1 (10 <sup>6</sup> )
<i>E. cloacae</i> (-)	1 (10 <sup>6</sup> )	–	–	1 (10 <sup>5</sup> )	1 (10 <sup>6</sup> )	–
<i>Acinetobacter</i> spp. (-)	–	–	–	–	–	1 (10 <sup>6</sup> )
<i>P. aeruginosa</i> (-)	–	–	–	1 (10 <sup>6</sup> )	–	1 (10 <sup>5</sup> )
<i>Proteus mirabilis</i> (-)	1 (10 <sup>4</sup> )	–	–	–	1 (10 <sup>4</sup> )	–
<i>Citrobacter</i> spp. (-)	1 (10 <sup>6</sup> )	–	–	–	1 (10 <sup>6</sup> )	–
<i>E. coli</i> (-)	1 (10 <sup>7</sup> )	1 (10 <sup>4</sup> )	–	–	1 (10 <sup>7</sup> )	–
Итого						
Количество штаммов	10	2	1	3	10	9
Количество животных	4	1	2	2	4	5
Выпадение имплантатов	1	0	0	1	2	4
Гнойное воспаление тканей вокруг имплантата	1	0	0	0	1	1

\* – здесь и далее 4 – количество животных, у которых обнаружен штамм; 10<sup>5</sup> – среднее значение бактериальной обсемененности для этого штамма; \*\* – наличие метициллинорезистентных *S. epidermidis* (MRSE) штаммов; (+), (-) – грамположительные и грамотрицательные бактерии соответственно.

Определение антибиотикочувствительности показало, что среди штаммов *Staphylococcus* spp. обнаруживались штаммы, резистентные к действию β-лактамов препаратов. В частности, в нашем исследовании были выявлены метициллинорезистентные *S. epidermidis*, устойчивые к цефокситину, а следовательно, и ко всем антибиотикам, относящимся к группе β-лактамов (группы 1, 5, 6). Выраженной активностью в отношении стафилококков обладали ципрофлокс-

сацин и клиндамицин. Штаммы *Enterococcus* spp. были чувствительны к действию гентамицина и ципрофлоксацина. Ванкомицин-резистентных энтерококков не обнаружено. Максимальную активность в отношении представителей сем. *Enterobacteriaceae* проявляли цефтриаксон и гентамицин. В отношении неферментирующих грамотрицательных бактерий наиболее эффективным препаратом был ципрофлоксацин.

У двух животных группы 5 и четырех животных группы 6 сразу после снятия удерживающего устройства отмечались признаки нестабильности (расшатывание) имплантата, на 3–4-е сут. имплантат выпадал. У одного животного группы 1 и у одного в группе 4 признаки нестабильности зафиксированы через 8–9 дней после снятия удерживающего устройства, выпадение имплантатов в этих случаях наблюдалось на 13–14-е сут. после снятия удерживающего устройства.

Нами был отдельно проанализирован микробиоценоз ран животных после выпадения имплантата (8 случаев по всем группам). Микробный пейзаж проб, взятых у этих животных интраоперационно, был схож с другими экспериментальными группами. После выпадения имплантата в видовом составе присутствовали грамотрицательные микроорганизмы: *P. mirabilis*, *E. cloacae*, *Citrobacter* spp., *E. coli*, микробная обсемененность составила 10<sup>6</sup> КОЕ/мл. Гнойного отделяемого при выпадении имплантата выявлено не было.

Обнаружено, что наибольшее статистически значимое повышение уровня СРБ в сыворотке крови отмечалось у животных группы 6 (табл. 3). Для других групп очевидной зависимости между величиной компрессии с нарастанием СРБ не отмечено. Это наблюдение, вероятно, говорит о том, что развитие системного инфицирования у животных групп 1–5 не происходило, о чем свидетельствовало и то обстоятельство, что уровень лейкоцитов у животных всех групп статистически значимо относительно дооперационных значений не изменялся.

Тем не менее по одному животному из групп 1, 5, 6 на 12–16-е сут. после имплантации демонстрировали острое гнойное воспаление мягких тканей вокруг имплантата. Гнойное воспаление купировали антибиотикотерапией в течение 7–10 дней (цефазолин 0,05 г/кг). Кроме того, у 6 кроликов (2 из группы 1 и по одному в группах 2, 4, 5, 6) было отмечено воспаление мягких тканей вокруг спиц аппарата внешней фиксации, которое купировалось обработкой антисептическими средствами.

Таблица 3

**Динамика уровня С-реактивного белка (мг/л) в сыворотке крови у кроликов на сроках эксперимента, Ме (Q1–Q3)**

Срок, нед.	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6
0	0 (0–2)	0 (0–1)	0 (0–1)	0 (0–4)	0 (0–3)	0 (0–2)
1	15* (9–20)	7* (4–11)	13* (6–22)	20* (17–30)	12* (5–18)	<b>33* (22–38)</b>
2	21* (10–28)	11* (8–22)	10* (4–17)	12* (5–16)	12* (9–14)	<b>36* (23–44)</b>
6	19 (9–24)	2 (0–17)	2 (0–3)	18* (9–23)	9* (7–19)	8* (6–10)
20	7* (5–11)	7* (4–15)	10* (6–19)	10* (5–24)	11* (7–14)	8* (7–12)
26	7* (4–10)	11* (7–30)	4* (2–21)	18* (6–27)	8* (7–10)	5* (4–6)

\* — значения, статистически значимо отличающиеся от дооперационных (срок 0) значений при  $p < 0,05$ ; жирным шрифтом выделены статистически значимые различия между группами ( $p < 0,05$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что рост микробной флоры вокруг чрескожного имплантата в разной степени обнаруживался у животных всех экспериментальных групп. Эти данные вполне согласуются с клиническими наблюдениями, в которых рост микробной флоры вокруг чрескожных имплантатов, несмотря на антимикробные мероприятия, встречается более чем у половины пациентов [8, 15].

Отмеченный нами видовой состав спектра микроорганизмов зоны имплантации свидетельствует о том, что пейзаж формировался за счет роста условно-патогенной микрофлоры, что после оперативного вмешательства отмечается и в клинике [16]. Хотя наблюдаемый рост числа бактерий на коже возле имплантата не эквивалентен клини-

ческому проявлению инфекции (в нашем случае рост обсемененности обнаружен у 18 животных из 30, при этом гнойно-воспалительный процесс развивался у 3 животных), высокая частота микробной колонизации, обеспечивая высокую бактериальную нагрузку, потенциально может провоцировать развитие не только поверхностного инфекционного процесса, но и глубокого инфицирования [17]. Последнему способствует и формирование на поверхности имплантата бактериальных биопленок, которое обеспечивает диссеминацию патогенов в мягкие ткани и кость [18, 19, 20].

В нашем исследовании мы не наблюдали у экспериментальных животных значимых признаков системной реакции, связанных с выходом бактерий в кровь, о чем свидетельствовал относительно невысокий уровень СРБ, существенный рост кото-

рого является маркером наличия бактерий в крови [21]. Все процессы локализовались местно возле зоны контакта, а отсутствие случаев глубокого инфицирования у животных свидетельствовало в пользу того, что сам имплантат не был источником/воротами проникновения микроорганизмов извне. В клинической практике, действительно, развитие глубокой инфекции, включая и остеомиелит, у пациентов с чрескожными имплантатами развивается редко [22, 23].

Сопоставление этих данных позволяет заключить, что наличие или отсутствие компрессии имплантата не связано с развитием глубокого инфицирования. Однако ассоциация механической компрессии имплантата с ростом микробиологического обсеменения на интерфейсе имплантат-кожа очевидна. В частности, из наших результатов следует, что и отсутствие компрессии, и компрессия имплантата в пределах 0,158–0,211 Н/мм<sup>2</sup> сопровождалась значительным ростом обсемененности зоны контакта. Минимальные же из изученных компрессионных нагрузок в пределах 0,053–0,105 Н/мм<sup>2</sup> сопровождалась и минимальной обсемененностью.

Если причины изменений обсемененности зоны имплантации и на поверхности имплантата описаны и находят свое подтверждение в литературных источниках [24], то обнаруженная нами взаимосвязь между величиной компрессии имплантата и обсемененностью интерфейса имплантат-кожа не была описана ранее.

Объяснение этому феномену можно найти в концепции, описанной А.Г. Грстина [25]. Согласно этой концепции, при имплантации в живые ткани на поверхности имплантата происходит конкуренция между бактериями и клетками тканей за адгезию. При этом если первыми поверхность изделия колонизируют остеобласты, то происходит интеграция имплантата, если тканевые клетки не в состоянии вытеснить бактериальные колонии, то это приводит к снижению интеграции имплантата и развитию инфекции. В дальнейшем применимость этой концепции была подтверждена рядом работ. В частности, на экспериментальных моделях было подтверждено, что ранняя остеоинтеграция имплантата в ткань предотвращает прикрепление бактерий и, следовательно, образование биопленок [25, 26, 27, 28]. Дополняет эту концепцию и обнаруженная возможность прямого взаимодействия остеобластов с микробной флорой [29, 30]. Следовательно, процесс адгезии

между остеобластами и микробной флорой носит конкурентный характер, определяющий не только дальнейшую остеоинтеграцию, но и возможность развития инфицирования имплантата.

Данная концепция дает возможность объяснить и наши результаты. Именно у животных с лучшей остеоинтеграцией в группах 2 и 3 не было случаев выпадения имплантатов) наблюдалось минимальное число растущих штаммов на интерфейсе имплантат-кожа. Положительные эффекты компрессии в части стимулирования остеогенеза достаточно подробно описаны в литературе [31, 32, 33]. Опираясь на эти данные, можно предполагать, что минимальная компрессия чрескожных имплантатов в условиях изученной нами экспериментальной модели стимулирует дифференциацию остеобластов, что создает для них конкурентное преимущество в адгезии поверхности имплантатов. Это не только способствует лучшей интеграции изделия, но и предотвращает образование биопленок и существенный рост микробиологического обсеменения в зоне имплантации.

Важно также отметить, что технология имплантации, включающая дополнительную фиксацию имплантата аппаратом внешней фиксации, предполагает и наличие новой нежелательной реакции — воспалительной реакции возле спиц удерживающего устройства. Это наиболее часто встречающаяся реакция при применении аппарата Илизарова, способы ее купирования описаны и не представляют сложностей [34].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выполненное исследование показало, что микробиологический профиль зоны имплантации в условиях различной механической компрессии чрескожных имплантатов изменяется в зависимости от величины нагрузок. Можно выделить оптимальные режимы механической компрессии чрескожных имплантатов в условиях их дополнительной фиксации. Обнаружение связи между приживаемостью имплантатов и ростом микробиологической обсемененности позволяет обратить внимание на то, что применение нагрузок в пределах 0,053–0,105 Н/мм<sup>2</sup> лучше сказывается на приживаемости имплантатов и обсемененности зоны имплантации, чем отсутствие компрессии. Последнее наблюдение говорит в пользу того, что интеграция чрескожных имплантатов эффективнее в присутствии определенного уровня компрессии.

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

Стогов М.В. — разработка концепции и дизайна исследования; написание текста статьи.

Еманов А.А. — разработка концепции и дизайна исследования; сбор, анализ и интерпретация данных.

Годовых Н.В. — сбор, анализ и интерпретация данных; редактирование текста.

Овчинников Е.Н. — разработка концепции и дизайна исследования; сбор, анализ и интерпретация данных.

Тушина Н.В. — сбор, анализ и интерпретация данных; редактирование текста.

Кузнецов В.П. — разработка концепции и дизайна исследования.

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

**Источник финансирования.** Государственное бюджетное финансирование.

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

**Этическая экспертиза.** До начала исследования было получено одобрение локального этического комитета. Исследование проведено при соблюдении принципов гуманного обращения с лабораторными животными в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей и директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях.

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

**ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]**

- Zaid M.B., O'Donnell R.J., Potter B.K., Forsberg J.A. Orthopaedic osseointegration: state of the art. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(22):e977-985. doi: 10.5435/JAAOS-D-19-00016.
- Корюков А.А., Губин А.В., Кузнецов В.П., Борзунов Д.Ю., Антипов А.В., Овчинников Е.Н. и др. Возможности улучшения функции и косметики культи пальцев кисти методом оссеоинтеграции. *Гений ортопедии.* 2016;(4):22-28. doi: 10.18019/1028-4427-2016-4-22-28. Koriukov A.A., Gubin A.V., Kuznetsov V.P., Borzunov D.Iu., Antipov A.V., Ovchinnikov E.N. et al. [Possibilities of improving the function and esthetic appearance of finger stumps using the method of osseointegration]. *Genij Ortopedii.* 2016;(4):22-28. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2016-4-22-28.
- Branemark R., Berlin O., Hagberg K., Bergh P., Gunterberg B., Rydevik B. A novel osseointegrated percutaneous prosthetic system for the treatment of patients with transfemoral amputation: a prospective study of 51 patients. *Bone Joint J.* 2014;96-B(1):106-113. doi: 10.1302/0301-620X.96B1.31905.

**DISCLAIMERS****Author contribution**

Stogov M.V. — research concept and design; writing the text of an article.

Emanov A.A. — research concept and design; collection, analysis or interpretation of data.

Godovykh N.V. — collection, analysis and interpretation of data; editing the text.

Ovchinnikov E.N. — research concept and design; collection, analysis and interpretation of data.

Tushina N.V. — collection, analysis and interpretation of data; editing the text.

Kuznetsov V.P. — research concept and design.

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 budgetary funding.

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

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

**Consent for publication.** Not required.

- Hoyt B.W., Walsh S.A., Forsberg J.A. Osseointegrated prostheses for the rehabilitation of amputees (OPRA): results and clinical perspective. *Expert Rev Med Devices.* 2020;17(1):17-25. doi: 10.1080/17434440.2020.1704623.
- Reif T.J., Khabyeh-Hasbani N., Jaime K.M., Sheridan G.A., Otterburn D.M., Rozbruch S.R. Early experience with femoral and tibial bone-anchored osseointegration prostheses. *JBJS Open Access.* 2021;6(3):e21.00072. doi: 10.2106/JBJS.OA.21.00072.
- Diaz Balzani L., Ciuffreda M., Vadalà G., Di Pino G., Papalia R., Denaro V. Osseointegration for lower and upper-limb amputation: a systematic review of clinical outcomes and complications. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2020;34(4 Suppl. 3):315-326.
- Hebert J.S., Rehani M., Stiegelmar R. Osseointegration for lower-limb amputation: a systematic review of clinical outcomes. *JBJS Rev.* 2017;5(10):e10. doi: 10.2106/JBJS.RVW.17.00037.
- Ontario Health (Quality). Osseointegrated prosthetic implants for people with lower-limb amputation: a health technology assessment. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2019;19(7):1-126. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6939984/>.

9. Calabrese G., Franco D., Petralia S., Monforte F., Condorelli G.G., Squarzone S. et al. Dual-functional nano-functionalized titanium scaffolds to inhibit bacterial growth and enhance osteointegration. *Nanomaterials (Basel)*. 2021;11(10):2634. doi: 10.3390/nano11102634.
10. Fischer N.G., Chen X., Astleford-Hopper K., He J., Mullikin A.F., Mansky K.C. et al. Antimicrobial and enzyme-responsive multi-peptide surfaces for bone-anchored devices. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2021;125:112108. doi: 10.1016/j.msec.2021.112108.
11. Song Y.W., Paeng K.W., Kim M.J., Cha J.K., Jung U.W., Jung R.E. et al. Secondary stability achieved in dental implants with a calcium-coated sandblasted, large-grit, acid-etched (SLA) surface and a chemically modified SLA surface placed without mechanical engagement: A preclinical study. *Clin Oral Implants Res*. 2021;32(12):1474-1483. doi: 10.1111/clr.13848.
12. Wang X., Ning B., Pei X. Tantalum and its derivatives in orthopedic and dental implants: osteogenesis and antibacterial properties. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2021;208:112055. doi: 10.1016/j.colsurfb.2021.112055.
13. Li Y., Branemark R. Osseointegrated prostheses for rehabilitation following amputation: the pioneering Swedish model. *Unfallchirurg*. 2017;120(4):285-292. doi: 10.1007/s00113-017-0331-4.
14. Thesleff A., Branemark R., Hakansson B., Ortiz-Catalan M. Biomechanical characterisation of bone-anchored implant systems for amputation limb prostheses: a systematic review. *Ann Biomed Eng*. 2018;46(3):377-391. doi: 10.1007/s10439-017-1976-4.
15. Branemark R.P., Hagberg K., Kulbacka-Ortiz K., Berlin O., Rydevik B. Osseointegrated percutaneous prosthetic system for the treatment of patients with transfemoral amputation: a prospective five-year follow-up of patient-reported outcomes and complications. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019;27(16):e743-e751. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00621.
16. Meric G., Mageiros L., Pensar J., Laabei M., Yahara K., Pascoe B. et al. Disease-associated genotypes of the commensal skin bacterium *Staphylococcus epidermidis*. *Nature Communications*. 2018;9(1):5034. doi: 10.1038/s41467-018-07368-7.
17. Zaborowska M., Tillander J., Branemark R., Hagberg L., Thomsen P., Trobos M. Biofilm formation and antimicrobial susceptibility of staphylococci and enterococci from osteomyelitis associated with percutaneous orthopaedic implants. *J Biomed Mater Res Part B*. 2017;105(8):2630-2640. doi: 10.1002/jbm.b.33803.
18. Tillander J., Hagberg K., Berlin O., Hagberg L., Branemark R. Osteomyelitis risk in patients with transfemoral amputations treated with osseointegration prostheses. *Clin Orthop Relat Res*. 2017;475(12):3100-3108. doi: 10.1007/s11999-017-5507-2.
19. Egert M., Simmering R., Riedel C.U. The association of the skin microbiota with health, immunity, and disease. *Clin Pharmacol Ther*. 2017;102(1):62-69. doi: 10.1002/cpt.698.
20. Dantas T., Padrao J., da Silva M.R., Pinto P., Madeira S. et al. Bacteria co-culture adhesion on different texturized zirconia surfaces. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;123:104786. doi: 10.1016/j.jmbbm.2021.104786.
21. Pääkkönen M., Kallio M.J., Kallio P.E., Peltola H. C-reactive protein versus erythrocyte sedimentation rate, white blood cell count and alkaline phosphatase in diagnosing bacteraemia in bone and joint infections. *J Paediatr Child Health*. 2013;49(3):E189-192. doi: 10.1111/jpc.12122.
22. Гаюк В.Д., Ключин Н.М., Бурнашов С.И. Воспаление мягких тканей вокруг чрескостных элементов и спицевой остеомиелит: литературный обзор. *Гений ортопедии*. 2019;25(3):407-412. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-407-412.
- Gayuk V.D., Kliushin N.M., Burnashov S.I. [Pin site soft tissue infection and osteomyelitis: literature review]. *Genij Ortopedii*. 2019;25(3):407-412. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-407-412.
23. Overmann A.L., Aparicio C., Richards J.T., Mutreja L., Fischer N.G., Wade S.M. et al. Orthopaedic osseointegration: Implantology and future directions. *J Orthop Res*. 2020;38(7):1445-1454. doi: 10.1002/jor.24576.
24. Lenneras M., Tsikandylakis G., Trobos M., Omar O., Vazirisani F., Palmquist A. et al. The clinical, radiological, microbiological, and molecular profile of the skin-penetration site of transfemoral amputees treated with bone-anchored prostheses. *J Biomed Mater Res A*. 2017;105(2):578-589. doi: 10.1002/jbm.a.35935.
25. Gristina A.G. Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration. *Science*. 1987;237(4822):1588-1595. doi: 10.1126/science.3629258.
26. Pilz M., Staats K., Tobudic S., Assadian O., Presterl E., Windhager R. et al. Zirconium nitride coating reduced staphylococcus epidermidis biofilm formation on orthopaedic implant surfaces: an in vitro study. *Clin Orthop Relat Res*. 2019;477(2):461-466. doi: 10.1097/CORR.0000000000000568.
27. Rochford E.T., Subbiahdoss G., Moriarty T.F., Poulsson A.H., van der Mei H.C., Busscher H.J. et al. An in vitro investigation of bacteria-osteoblast competition on oxygen plasma-modified PEEK. *J Biomed Mater Res A*. 2014;102(12):4427-4434. doi: 10.1002/jbm.a.35130.
28. Subbiahdoss G., Kuijjer R., Busscher H., van der Mei H. Mammalian cell growth versus biofilm formation on biomaterial surfaces in an in vitro post-operative contamination model. *Microbiology*. 2010;156(Pt 10):3073-3078. doi: 10.1099/mic.0.040378-0.
29. Campoccia D., Testoni F., Ravaoli S., Cangini I., Maso A., Speziale P. et al. Orthopaedic implant infections: incompetence of *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus lugdunensis*, and *Enterococcus faecalis* to invade osteoblasts. *J Biomed Mater Res A*. 2016;104(3):788-801. doi: 10.1002/jbm.a.35564.
30. Stracquadanio S., Musso N., Costantino A., Lazzaro L.M., Stefani S., Bongiorno D. *Staphylococcus aureus* internalization in osteoblast cells: mechanisms, interactions and biochemical processes. What did we learn from experimental models? *Pathogens*. 2021;10(2):239. doi: 10.3390/pathogens10020239.
31. Hinton P.V., Rackard S.M., Kennedy O.D. In vivo osteocyte mechanotransduction: recent developments and future directions. *Curr Osteoporos Rep*. 2018;16(6):746-753. doi: 10.1007/s11914-018-0485-1.
32. Maycas M., Esbrit P., Gortázar A.R. Molecular mechanisms in bone mechanotransduction. *Histol Histopathol*. 2017;32(8):751-760. doi: 10.14670/HH-11-858.
33. Somemura S., Kumai T., Yatabe K., Sasaki C., Fujiya H., Niki H. et al. Physiologic mechanical stress directly induces bone formation by activating glucose transporter 1 (GLUT 1) in osteoblasts, inducing signaling via NAD<sup>+</sup>-dependent deacetylase (Sirtuin 1) and Runx-Related Transcription Factor 2 (Runx2). *Int J Mol Sci*. 2021;22(16):9070. doi: 10.3390/ijms22169070.



34. Солдатов Ю.П., Стогов М.В., Овчинников Е.Н., Губин А.В., Городнова Н.В. Аппарат внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова. Оценка клинической эффективности и безопасности (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2019;25(4):588-599. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-588-599.

Soldatov Yu.P., Stogov M.V., Ovchinnikov E.N., Gubin A.V., Gorodnova N.V. [Evaluation of clinical efficacy and safety of the Ilizarov apparatus for external fixation (literature review)]. *Genij Ortopedii*. 2019;25(4):588-599. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-588-599.

#### **Сведения об авторах**

✉ *Стогов Максим Валерьевич* — д-р биол. наук  
Адрес: Россия, 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6  
<https://orcid.org/0000-0001-8516-8571>  
e-mail: stogo\_off@list.ru

*Еманов Андрей Александрович* — канд. вет. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-2890-3597>  
e-mail: a\_eman@list.ru

*Годовых Наталья Викторовна*  
<https://orcid.org/0000-0001-8512-4165>  
e-mail: natalia\_nvn@mail.ru

*Овчинников Евгений Николаевич* — канд. биол. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-5595-1706>  
e-mail: omu00@list.ru

*Тушина Наталья Владимировна* — канд. биол. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-1322-608X>  
e-mail: ntushina76@mail.ru

*Кузнецов Виктор Павлович* — д-р техн. наук  
<https://orcid.org/0000-0001-8949-6345>  
e-mail: wpkuzn@mail.ru

#### **Authors' information**

✉ *Maksim V. Stogov* — Dr. Sci. (Biol.)  
Address: 6, M. Ulyanova str., Kurgan, 640014, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-8516-8571>  
e-mail: stogo\_off@list.ru,

*Andrey A. Emanov* — Cand. Sci. (Vet.)  
<https://orcid.org/0000-0003-2890-3597>  
e-mail: a\_eman@list.ru

*Natalia V. Goodovykh*  
<https://orcid.org/0000-0001-8512-4165>  
e-mail: natalia\_nvn@mail.ru

*Evgenyi N. Ovchinnikov* — Cand. Sci. (Biol.)  
<https://orcid.org/0000-0002-5595-1706>  
e-mail: omu00@list.ru

*Natalia V. Tushina* — Cand. Sci. (Biol.)  
<https://orcid.org/0000-0002-1322-608X>  
e-mail: ntushina76@mail.ru

*Viktor P. Kuznetsov* — Dr. Sci. (Tech.)  
<https://orcid.org/0000-0001-8949-6345>  
e-mail: wpkuzn@mail.ru



## Different Models of Dual-Energy Bone DXA Scanners: A Comparative Study

Alexey V. Petraikin<sup>1</sup>, Ekaterina S. Akhmad<sup>1</sup>, Dmitry S. Semenov<sup>1</sup>, Zlata R. Artyukova<sup>1</sup>, Nikita D. Kudryavtsev<sup>1</sup>, Fedor A. Petriakin<sup>2</sup>, Ludmila A. Nizovtsova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Background.** Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is an effective method for bone mineral density (BMD) and subcutaneous fat percentage estimation. The constant development of new densitometry techniques, the demographic change and the higher potential of artificial intelligence in healthcare enhance requirements for the high-quality measurements in DXA.

**This study aimed** to develop a quality control method for DXA scanners and compare four DXA systems with different X-ray geometries and manufacturers when simulating fat-water environments.

**Methods.** We evaluated the accuracy (relative error ( $\epsilon\%$ ) and precision (CV%)) of the bone mineral density (BMD) measurements, performed by the four DXA scanners: 2 with narrow-angle fan beam (64- and 16-channel detectors (DXA-1, DXA-2)); 1 with wide-angle fan beam (DXA-3); 1 with pencil beam (DXA-4). We used a PHK (PHantom Kalium) designed to imitate spine. The PHK contained four vertebrae filled with a  $K_2HPO_4$  solution in various concentrations (50-200 mg/ml). The PHK also included paraffin patches (thickness 40 mm) to simulate the fat layer.

**Results.** DXA-1 and DXA-2 demonstrated the best CV% ranged from 0.56% to 1.05%. The least  $\epsilon\%$  was observed when scanning PHK with fat layer on DXA-1 and DXA-2 (1.74% and 0.85%) and DXA-4 (1.47%). DXA-3 produced significantly lower BMD ( $\epsilon = -14.56\%$ ,  $p = 0.000$ ). After removing the fat layer, we observed reduction ( $p = 0.000$ ) of BMD for DXA-1 and DXA-2 ( $\epsilon = -5.11\%$  and  $-6.12\%$  respectively) and weak deviation ( $p = 0.80$ ) for DXA-4 (0.87%). For DXA-3, removal of the fat layer also resulted in a significant reduction in BMD ( $\epsilon = -16.44\%$ ,  $p = 0.000$ ). The subcutaneous fat modeling showed that all these DXA systems automatically determine the percentage of fat in the scanned area with weak underestimation: for DXA-1, DXA-2 and DXA-4 the  $\epsilon\%$  were  $-5,9\%$ ,  $-6,3\%$  and  $-2,3\%$  respectively. CV% were 0.15%; 0.39%; 1.6%, respectively.

**Conclusions.** We proved a significant underestimation of the BMD measurements across the entire range of simulated parameters for the DXA scanners when the model did not include the subcutaneous fat layer. All models demonstrated high accuracy in measuring the fat layer, with the exception of the DXA-3 model, which was not assessed in these studies.

**Keywords:** DXA, dual-energy X-ray absorptiometry, densitometry, bone mineral density, osteoporosis, precision, relative error.

---

**Cite as:** Petraikin A.V., Akhmad E.S., Semenov D.S., Artyukova Z.R., Kudryavtsev N.D., Petriakin F.A., Nizovtsova L.A. Different Models of Dual-Energy Bone DXA Scanners: A Comparative Study. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):48-57. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1731>.

✉ Ekaterina S. Akhmad; e-mail: e.ahmad@npcmr.ru

Submitted: 27.01.2022. Accepted: 01.04.2022. Published Online: 13.04.2022.

© Petraikin A.V., Akhmad E.S., Semenov D.S., Artyukova Z.R., Kudryavtsev N.D., Petriakin F.A., Nizovtsova L.A., 2022



## Сравнение двухэнергетических денситометров различных моделей

А.В. Петряйкин<sup>1</sup>, Е.С. Ахмад<sup>1</sup>, Д.С. Семенов<sup>1</sup>, З.Р. Артюкова<sup>1</sup>, Н.Д. Кудрявцев<sup>1</sup>,  
Ф.А. Петряйкин<sup>2</sup>, Л.А. Низовцова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

**Актуальность.** Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА) — это эффективный метод оценки минеральной плотности костной ткани (МПК) и подкожно-жировой клетчатки (ПЖК). Постоянное развитие новых методов денситометрии, старение населения и высокий потенциал применения технологий искусственного интеллекта в здравоохранении усиливают потребности в получении высококачественных измерений МПК в ДРА.

**Цель исследования** — разработать средства и методы контроля ДРА сканеров и провести сравнение четырех денситометров разной геометрии и фирм-производителей при моделировании различного водно-жирового окружения.

**Материал и методы.** В ходе работы проведена оценка точности (относительной погрешности ( $\epsilon\%$ ) и воспроизводимости (CV)) измерений МПК четырех рентгеновских денситометров: два — с узковерным пучком рентгеновского излучения с 64- и 16 рядами детекторов (DXA-1, DXA-2), один — с широковерным пучком (DXA-3); один — с пучком карандашного типа (DXA-4). Для сравнения использовался фантом РНК (RPhantom Kalium), моделирующий МПК поясничной области: четыре модели позвонков от нормы до остеопороза, содержащие гидрофосфат калия в различной концентрации — 50–200 мг/мл. РНК также включал парафиновые накладки (толщиной 40 мм), имитирующие ПЖК.

**Результаты.** DXA-1 и DXA-2 имеют наилучшую CV%, определенную в диапазоне от 0,56% до 1,05%. Наименьшая  $\epsilon\%$  отмечена при сканировании РНК с ПЖК для DXA-1 и DXA-2 (1,74% и 0,85%) и DXA-4 (1,47%). При исключении ПЖК наблюдаются снижение МПК для DXA-1 и DXA-2 ( $\epsilon = -5,11\%$  и  $-6,12\%$  соответственно) и небольшое отклонение ( $p = 0,80$ ) для DXA-4 ( $\epsilon = 0,87\%$ ). DXA-3 демонстрирует существенно заниженные данные измеренной МПК ( $\epsilon = -14,56\%$ ;  $p = 0,000$ ) при сканировании РНК с ПЖК. Однако исключение ПЖК также приводит к значительному ( $p = 0,000$ ) снижению МПК ( $\epsilon = -16,44\%$ ;  $p = 0,000$ ). При анализе точности определения жирового слоя для DXA-1, DXA-2, DXA-4 отмечалась незначительная недооценка заданных показателей на  $-5,9\%$ ,  $-6,3\%$  и  $-2,3\%$  соответственно. При этом CV результатов составила 0,15%; 0,39%; 1,6%.

**Заключение.** Результаты исследования подтвердили значительную недооценку МПК для всего диапазона возможных значений при сканировании РНК без ПЖК. Модели продемонстрировали высокую точность измерения жирового слоя за исключением DXA-3 сканера, для которого этот параметр в исследовании не оценивался.

**Ключевые слова:** ДРА, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, денситометрия, минеральная плотность кости, остеопороз, воспроизводимость, относительная погрешность.

Петряйкин А.В., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Артюкова З.Р., Кудрявцев Н.Д., Петряйкин Ф.А., Низовцова Л.А. Сравнение двухэнергетических денситометров различных моделей. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):48-57. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1731>.

Ахмад Екатерина Сергеевна; e-mail: e.ahmad@nrcmr.ru

Рукопись получена: 27.01.2022. Рукопись одобрена: 01.04.2022. Статья опубликована онлайн: 13.04.2022.

© Петряйкин А.В., Ахмад Е.С., Семенов Д.С., Артюкова З.Р., Кудрявцев Н.Д., Петряйкин Ф.А., Низовцова Л.А., 2022

## INTRODUCTION

Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is an effective method for bone mineral density (BMD) and subcutaneous fat percentage estimation. High-accuracy measurement of BMD is considered an important criterion to diagnose osteoporosis and to monitor the treatment progress [1]. The International Society for Clinical Densitometry (ISCD 2019) suggests assessing the precision in volunteer studies by calculating the least significant change (LSC) using the ISCD calculator [2]. A similar approach (involving the LSC calculation) was suggested for cross-calibration of various scanner models. The suggestions also addressed phantom studies, recommending to assess the stability of the scanner performance in general and when replacing scanners with similar models. Fat layer measurements are relevant for body composition estimation that is recommended for children, the diagnosis of sarcopenia, and other diseases [3].

The comparison of DXA scanners about the measurement accuracy and phantom studies designed to assess various scanner models has been conducted during the entire DXA history [2, 4, 5, 6]. However, recently, there has been growing interest in precision assessment. Firstly, it is associated with the constant development of new densitometry techniques that requires providing comparisons with previous methods [7]. Secondly, the population becomes older, and with that, the distribution of this technique and its application rise [8]. The suggested resupply of the DXA equipment to meet the European targets (1 scanner per 100 thous. people) would secure population coverage with the screening measures based on the risk factors and treatment monitoring needs [9]. Thirdly, the higher potential of artificial intelligence in healthcare requires receiving robust

medical data for using it in a decision support system, to provide patient-oriented medicine [10, 11], and for providing the population studies by osteoporosis.

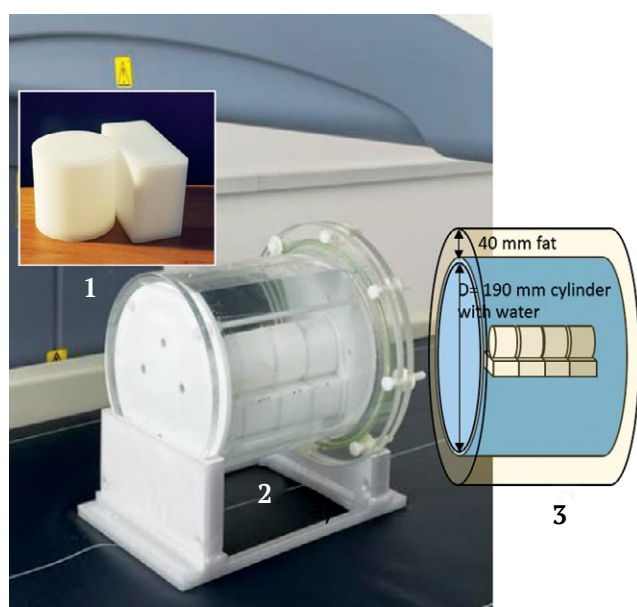
Following the European Union initiative, the Committee d'Actions Concertees — BioMedical Engineering (COMAC-BME) developed a procedure to improve cross-calibration and enhance the BMD measurement standards that utilize semi-anthropomorphic phantoms (ESP — European Spine Phantom) [12, 13]. Some phantoms contain as well as test objects for BMD modelling, a permanent fat layer. For example, the standard ESP configuration is designed to simulate a 9% fat layer [14], whereas Bona Fide Phantom, BFP simulates a 26% fat layer [15]. However, the embedded fat layer of these phantoms cannot be modified. Although this phantom was presented in many studies, its construction doesn't allow adding or deleting a fat layer. The above makes it reasonable to compare the measurement technique of various DXA scanners to assess the impact produced by the fat layer and to obtain data on CV precision and accuracy when modelling fat-water environments.

Our study aimed to compare the accuracy and precision parameters for BMD and fat percentage measures acquired by four DXA scanners using a self-developed phantom solving the describing above limitations. During our study, the alternative phantom was presented and the precision and accuracy parameters of four DXA scanners were measured and compared.

## METHODS

### PHK phantom

A detailed description of the PHK (Phantom Kalium) is available in the previous paper [7] (Fig. 1).



**Fig. 1.** PHK design:

- 1 — vertebrae section made of a cylinder that simulates the vertebra body, and a parallelepiped imitating a cortical layer;
- 2 — during the w/ fat scan the 'vertebrae' were placed inside a cylinder with a diameter of 190 mm filled with water;
- 3 — around the cylinder walls it was possible to place 40 mm thick paraffin patches to simulate the fat layer

**Рис. 1.** Конструкция фантома PHK:

- 1 — секция «позвонков», состоящая из цилиндра, имитирующего тело позвонка, и параллелепипеда, имитирующего кортикальный слой кости;
- 2 — «позвонки» помещены в цилиндр с водой диаметром 190 мм при сканировании в денситометре без подкожно-жировой клетчатки;
- 3 — вокруг цилиндра возможно размещение парафиновых накладок, имитирующих подкожно-жировую клетчатку, толщиной 40 мм

The phantom is designed to simulate the lower back region. Depending on the configuration, the phantom body can be made of polypropylene or polymethyl methacrylate (to results presented in this paper were obtained using a polypropylene phantom. The phantom is cylinder in shape with an internal diameter of  $d = 190$  mm and length 230 mm. Wall thickness — 5 mm. Using high-precision milling on ultra-high-molecular-weight polyethylene fiber we made 4 vertebra models consisting of a cylinder (a vertebra body) and a parallelepiped (a cortical layer).

The vertebrae sections are filled with a dipotassium phosphate solution ( $K_2HPO_4$ ) in various concentrations. Table 1 contains set values of volumetric BMD and projected areal density (cylinder + cortical layer). The “vertebra” area of 17.5 cm<sup>2</sup> is

defined by the area of a parallelogram pertaining to a denser cortical layer. According to the evaluation of the expanded uncertainty for the set values the error for the set volumetric BMD is  $\pm 0.21\%$ ; projected areal density —  $\pm 0.9\%$ . The highest difference between the volumetric and set BMD values for both L1 sections is 0.26%. The accuracy of the set BMD values for this phantom is as good as that for ESP phantoms. The PHK phantom can be used both for DXA measurement accuracy evaluation and for QCT. To simulate the fat layer, we used 40 mm thick circular paraffin patches that covered completely the phantom outer side (See Fig. 1). During the imaging with fat condition, the fat percentage was 32.14%; for scanning without fat, it was 5%, due to consideration of the thickness of the polypropylene wall in the fat percentage.

Table 1

The PHK features for set volumetric and projected BMD

Vertebra	Set volumetric BMD (cylinder), mg/mL	Set volumetric BMD (cortical layer), mg/mL	Set projected BMD, g/cm <sup>2</sup>	Set T-score for Lunar DXA, SD
L1	50.13	250.65	0.586	-5.08 (osteoporosis)
L2	100.19	350.79	0.886	-2.58 (osteoporosis)
L3	150.38	450.10	1.177	-0.16 (normal)
L4	200.49	551.21	1.475	2.33 (normal)

**Scanning technique**

The phantom study was performed using DXA scanners with four different types of fan beam:

- two DXA scanners with narrow-angle beam and a detector array: 64-channel detector Lunar iDXA (hereinafter – DXA-1) (GE HealthCare, USA); 16-channel detector (DXA-2) (Lunar Prodigy, GE HealthCare, USA);
- one DXA scanner with wide-angle beam (DXA-3) (Discovery, Hologic Inc., USA);
- one DXA scanner with pencil beam (DXA-4) (DEXXUM-3, OsteoSys Co., Ltd., Republic of Korea).

The imaging was performed using the standard clinical protocol. The phantom scanning technique

is described in previous studies [4, 16]. Each phantom scan was repeated five times for each of the two configurations: with (w/) and without (w/o) fat layer.

During the image processing, the automated segmentation was corrected manually (since there was no high X-ray density layer, the automated segmentation showed lower reliability) which eliminated the possible bias [7]. The rectangular configuration of the cortical block allowed to perform the correction effectively (Fig. 2). In addition, as per the DXA scanning procedures, we have been recording the results of the fat percentage estimation in the regions that imitated soft tissues.

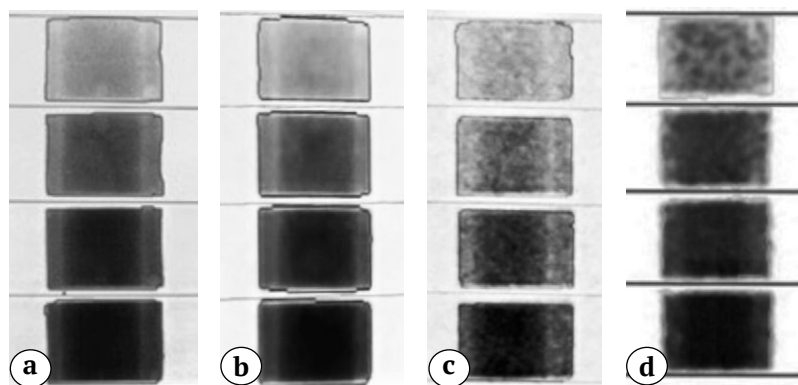


Fig. 2. The images were obtained from a PHK phantom w/o fat using the following DXA scanners:

a – DXA-1; b – DXA-2; c – DXA-3; d – DXA-4

Рис. 2. Изображения, полученные в результате сканирования фантома PHK без моделирования подкожно-жировой клетчатки на денситометрах:

a – DXA-1; b – DXA-2; c – DXA-3; d – DXA-4



**Evaluation of accuracy (precision and relative error)**

When comparing the DXA scanners, we analyzed the following results of the DXA study: the area, the bone mineral composition (BMC), and the derived areal BMD (calculated as the ratio between BMC and the object area). The measurement was performed for each vertebra section and the average scores for L1-L4.

Following the results of the five-fold scanning, we calculated an average value ( $\overline{BMD}_{L1-4}$ ) and a standard deviation ( $SD_{L1-4}$ ) that were later used to access the study accuracy scores: precision (CV%, formula 1) and relative error ( $\epsilon\%$ , formula 2):

$$CV = \frac{SD_{L1-4}}{\overline{BMD}_{L1-4}} \times 100\%, \quad (1)$$

where:

$SD_{L1-4}$  – standard deviation,  
 $\overline{BMD}_{L1-4}$  – average BMD values for L1-4;

$$\epsilon = \frac{\overline{BMD}_{L1-4} - BMD_0}{BMD_0} \times 100\%, \quad (2)$$

where:

$BMD_0$  – average BMD values for L1-4 set during the making of the phantom;  
 $\overline{BMD}_{L1-4}$  – average BMD values for L1-4.

Considering that the measured BMD, BMC, and the area values are linearly dependent from the set values, to compare the measurements from different DXA scanners we analyzed the corresponding linear approximation parameters. The comparison was performed using the generalized linear model (GLM)

method for w/ and w/o fat conditions. A significance level was set to <0.05.

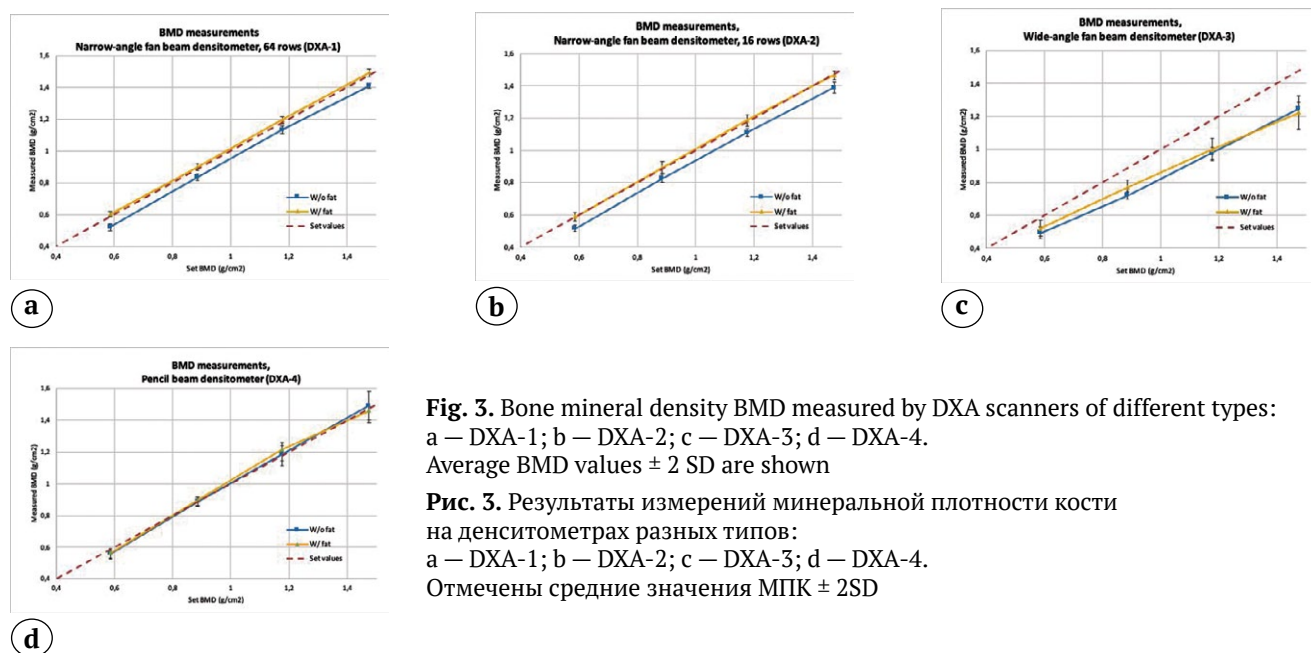
**RESULTS**

Figure 2 shows images, obtained from a PHK phantom w/o fat. The borders that surround the BMD measurement area were corrected manually.

Figure 3 shows graphs of BMD measured with different DXA scanners using the PHK phantom in w/ and w/o fat configurations. It shows the mean values, which are  $\pm 2$  SD for each L1-4 vertebra model.

For the Lunar DXA scanners (DXA-1 and DXA-2), the CV,% during the scanning w/ fat was 0.68% and 1.0%, and 0.56% and 1.05% w/o fat, respectively. The mean  $\epsilon, \%$  for the DXA-1 and DXA-2 w/ fat was 1.74% and 0.85% (Table 2). The measured BMD values were lower w/o fat and the average  $\epsilon$  values were -5.11% and -6.12% for the DXA-1 and DXA-2, respectively. The lower BMD for the DXA-1 and DXA-2 were significant ( $p = 0.000$  for both models), as determined by the multiple regression for w/ fat scans. This underestimation was caused by a significant decrease in BMC measurements ( $p = 0.000$  for both models), while no significant differences in the area measurements were observed ( $p = 0.430$  for the DXA-1 and  $p = 0.360$  for the DXA-2).

The Hologic DXA scanner (DXA-3) generated reproducible data during w/o fat scans (CV = 0.91%) and less precise data for w/ fat scans (CV = 2.60%) (See Table 2). Assessment of the relative error for the DXA-3 indicates a significantly lower BMD across the entire range of values: the mean  $\epsilon\%$  were (-16.44%) w/o fat and (-14.56%) w/ fat (See Fig. 3c). This model showed a significantly lower BMD ( $p = 0.000$ ) w/o fat, due to a significant decrease in BMC ( $p = 0.000$ ), without a significant underestimation of the measured area ( $p = 0.220$ ).



**Fig. 3.** Bone mineral density BMD measured by DXA scanners of different types: a – DXA-1; b – DXA-2; c – DXA-3; d – DXA-4. Average BMD values  $\pm 2$  SD are shown

**Рис. 3.** Результаты измерений минеральной плотности кости на денситометрах разных типов: a – DXA-1; b – DXA-2; c – DXA-3; d – DXA-4. Отмечены средние значения МПК  $\pm 2SD$

Table 2

**Specified values, precision (coefficient of variation CV), accuracy (relative error  $\epsilon$ ) of BMD, BMC, and areas for various models of DXA scanners (mean values for L1-4), calculated using the formulas 1, 2**

Set values	DXA scanner	Measured mean values (L1-4)		Precision, CV% L1-4, %		Accuracy, relative error ( $\epsilon$ ), %	
		W/o fat	W/ fat	W/o fat	W/ fat	W/o fat	W/ fat
BMD, g/cm <sup>2</sup> 1.031	DXA-1	0.978	1.049	0.56	0.68	-5.11	1.74
	DXA-2	0.968	1.039	1.00	1.05	-6.12	0.85
	DXA-3	0.861	0.881	0.91	2.60	-16.44	-14.56
	DXA-4	1.038	1.040	2.10	1.47	0.71	0.87
BMC, g 72.17	DXA-1	67.73	72.86	0.34	0.85	-6.16	0.95
	DXA-2	66.11	71.47	0.47	0.87	-8.40	-0.97
	DXA-3	58.21	60.91	1.33	1.31	-19.35	-15.6
	DXA-4	67.64	67.88	0.86	0.57	-6.29	-5.95
Area, cm <sup>2</sup> 70	DXA-1	69.18	69.45	0.44	0.97	-1.16	-0.78
	DXA-2	68.51	68.74	0.70	0.67	-1.01	-1.78
	DXA-3	67.57	69.17	1.26	2.90	-2.5	-1.18
	DXA-4	65.18	65.29	2.37	1.40	-6.90	-6.73

The OsteoSys DXA scanner (DXA-4) produced fairly low-reproducible results. The CV was 2.10% for w/o fat, and 1.47% for w/ fat condition. At the same time, the measured BMD values closely corresponded with the set values (See Fig. 2d) for L1-L4: the relative error ( $\epsilon$ %) was 0.71% and 0.87% w/o fat and w/ fat, respectively. It should be noted that these scanning modes showed no significant differences in BMD measurements ( $p = 0.800$ ). Also, no differences were observed in BMC values ( $p = 0.48$ ), and in the vertebrae area ( $p = 0.870$ ).

At the same time, both the measured area (on average) and BMC values (6.8%) were underestimated for both scanning options (see Table 1), while the calculated BMD value was close to the set one.

The accuracy of the fat percentage estimation was compared for three devices. The subcutaneous fat modeling showed that all these DXA systems automatically determine the percentage of fat in the scanned area quite well:  $30.24 \pm 0.05\%$  for the DXA-1;  $30.53 \pm 0.12\%$  for the DXA-2 and  $31.4 \pm 0.54\%$  for the DXA-4 (CV% were 0.15%; 0.39%; 1.6%, respectively) for a given 32.14% fat environment, including the paraffin patches and the polypropylene casing. We obtained identical results by scanning the phantom without the patches for all three DXA scanners: 4% with a relative error of 20%.

**DISCUSSION**

Analysis of the precision (CV%) showed that the lowest CV values (the best reproducibility) were observed for both Lunar DXA scanners: from 0.56% (for the DXA-1 w/o fat) to 1.05% (the DXA-2 w/ fat). The presence of the fat layer simulant contributed to lower precision for the DXA-1 and the DXA-2, an even more significant decrease for the DXA-3 DXA scanner, and a decrease for the DXA-4 DXA scanner (Table 2). Previously we obtained comparable results. Scanning an ESP phantom with similar DXA scanners produced: 0.78% for the DXA-3 (80 measurements, 10 DXA scanners); 2.46% for the DXA-4 (50 measurements, 10 DXA scanners) [4].

According to other data, when scanning the ESP phantom with the DXA-1 and the DXA-2, we obtained the coefficients of variation of 0.42% and 0.50%, respectively [15], which also matches well with our data. In-vivo measurements (30 patients) by Krueger D. et al. produced slightly larger coefficients of variation for these DXA scanner models: 1.81% for the DXA-1 and 1.41% for the DXA-2 [5].

Scanning of the PHK phantom using various DXA scanners showed that the BMD parameters correspond the most with the set values when measured using the DXA-1 and the DXA-2 in the w/ fat mode. According to the scientific papers, scanning of the ESP phantom

produced overestimated BMD values in comparison to the set values for the Lunar DXA scanners, so according to different authors, the BMD value was 11.75% [4], 4.08% [17] in the L1- L3 section. We noted a slight relative overestimation of the measured BMD values (by 0.85% w/o fat and 1.01% w/fat) for the measurements using the DXA-1 DXA scanner compared to the DXA-2 DXA scanner. A similar overestimation by 1.5% was observed for the DXA-1 compared to the DXA-2 in the study in phantoms and in patients earlier [3].

The DXA-3 DXA scanner also showed a significant underestimation of the BMD measurements compared to the set values, both when scanning with and without subcutaneous fat (See Fig. 3c). Without subcutaneous fat, the measured BMD values were slightly lower (-1.9%) compared to the Lunar DXA scanners. According to the scientific papers, the average relative error for the ESP phantom was -3.91% in the L1-L3 section [4].

We obtained relatively elevated (13.71%) BMD measurements for the DXA-2 DXA scanner in comparison to the DXA-3 DXA scanner in the L1-L4 sections. This is in good agreement with the 15.66% difference [4] in the results for similar DXA scanners.

The difference in relative errors for the DXA-1, the DXA-2 and the DXA-3 may be caused by different technologies for bone structure contouring [4]. According to our data, this discrepancy is largely caused by different methods for BMC measurements (See Table 2): the MSC values for the Hologic DXA scanner are lower by 10.9% (without subcutaneous fat) and 14.6% (with subcutaneous fat) compared to the Lunar DXA scanners, although the difference in the determined area is insignificant.

According to our data, the Osteosys DXA scanners ensure the most accurate BMD measurements, regardless of whether the fat simulant was there. However, this was achieved by a systematic decrease both of the area and the BMC values by about 6% with manual adjustments (Table 2). Without an automated adjustment of the area measurements, the ESP scanning with this DXA scanner model produced lower BMC values (by 7%) for the L1-L3 section [2]. This can be explained by an increased area of objects with automatic segmentation and lower BMC values.

A study of 102 patients showed a relative underestimation of the BMD values measured using the DXA-4 DXA scanner compared to the DXA-2 DXA scanner (the same models) [18].

Elevated measured BMD values with an increased fat environment were recorded for DXA scanners when scanning the phantoms [19]. We observed a significant decrease in BMD in patients after different types of weight reduction surgeries [20]. A true decrease in BMD, which may cause fractures as a complication from the obesity treatment, must be

differentiated from an artifact decrease in BMD when measuring the volume of fat tissue [21]. Therefore, it is important to determine the relative error when modeling the fat environment.

The study showed that all DXA scanners determine the percentage of fat in the scanned area quite well. When scanning with subcutaneous fat, the volume of adipose tissue is slightly lower by -5.9%, -6.3%, and -2.3% when using the DXA-1, the DXA-2 and the DXA-3 DXA scanners, respectively. When scanning without subcutaneous fat the results were the same across all the devices and studies, therefore the underestimation is 20%. These studies are relevant for estimating the human body composition accuracy (fat, muscles, bones) using modern DXA scanners [14]. This technology is used in paediatrics [22, 23], and the diagnosis of sarcopenia [24]. Cross-calibration of DXA scanners when determining the composition of the human body [25] may be feasible when using a special phantom that simulates the shape of the human body.

The results of this study are perspective also for providing ex-vivo samples experiments based on DXA [26]. On the other hand, the high-accuracy measurements of BMD and fat percentage are seemed to be applied in the decision-making systems including systems based on the artificial intelligence. Robust data develop the prognosis accuracy that is actually in the situation of the life duration increase.

The developed PHK phantom is limited by its inability to correctly outline the edges of vertebra models in an automatic mode when using the phantom, which calls for manual adjustment. A promising idea is adding high- density boundary inserts to the cortical block models. The study is also limited to four devices. Different devices of these models are required for a more comprehensive understanding of the observed differences.

## CONCLUSIONS

The study showed the effectiveness of the developed PHK phantom based on vertebra models using potassium hydrogen phosphate and modeled subcutaneous fat for determining the accuracy of the densitometry studies.

The impact of the fat environment on the DXA studies was evaluated for four DXA scanners (various models and manufacturers). We proved a significant underestimation of the BMD measurements across the entire range of simulated parameters for the iDXA, Prodigy (Lunar GE), and Discovery (Hologic) DXA scanners when the model did not include the subcutaneous fat layer. The Discovery model (Hologic) underestimates BMD compared to the iDXA and Prodigy (Lunar GE) models, which is consistent with the results of other studies. The BMD values obtained using the Dexam 3 DXA scanner (Osteosys) showed

they were close to the standard, while the BMC and the area were systematically underestimated.

All models demonstrated high accuracy in measuring the fat layer, with the exception of the

Discovery (Hologic) model, which was not assessed in these studies.

The best precision was demonstrated by the iDXA and Prodigy (Lunar GE) models (below 1%).

## DISCLAIMERS

### Acknowledgments

The authors thank Kristina Sergunova for her support at the beginning of this work and Sergey Shayukov for his help in producing the PHK phantom.

### Author contribution

*Petraikin A.V.* — concept and methodology, consulting during experiments, preparing and review of the manuscript.

*Akhmad E.S.* — data analysis, preparing and editing of the manuscript.

*Semenov D.S.* — performing experiments, participation in the development of the phantom.

*Artyukova Z.R.* — accumulate and processing the data of the study, preparing of the manuscript.

*Kudryavtsev N.D.* — accumulate and processing the data of the study.

*Petriaiкин F.A.* — concept of the study and data analysis.

*Nizovtsova L.A.* — 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 paper was prepared as part of research (No.8 in the Unified State Information System for Accounting of Research, Development, and Technological Works (EGISU): AAAA-A20-120071090045-7) under the Program of the Moscow Healthcare Department “Scientific Support of the Capital’s Healthcare” for 2020–2022.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## REFERENCES [ЛИТЕРАТУРА]

1. Мельниченко Г.А., Белая Ж.Е., Рожинская Л.Я., Торопцова Н.В., Алексеева Л.И., Бирюкова Е.В. и др. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза. *Проблемы эндокринологии*. 2017;63(6):392-426. doi: 10.14341/probl2017636392-426. Mel'nichenko G.A., Belaya Zh.E., Rozhinskaya L.Ya., Toroptsova N.V., Alekseeva L.I., Biryukova E.V. et al. [Russian federal clinical guidelines on the diagnostics, treatment, and prevention of osteoporosis]. *Problemy Endokrinologii* [Problems of Endocrinology]. 2017;63(6):392-426. (In Russian). doi: 10.14341/probl2017636392-426.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Кристине Сергуновой за ее поддержку на начальном этапе работы и Сергею Шаюкова за его помощь в производстве фантома РНК.

### Заявленный вклад авторов

*Петрайкин А.В.* — разработка концепции исследования, консультирование при проведении экспериментальных работ, подготовка текста статьи.

*Ахмад Е.С.* — анализ данных, подготовка и редактирование текста статьи.

*Семенов Д.С.* — разработка фантома и проведение экспериментальных работ.

*Артюкова З.Р.* — сбор и обработка материалов исследования, редактирование текста статьи.

*Кудрявцев Н.Д.* — сбор и обработка материалов исследования.

*Петрайкин Ф.А.* — разработка концепции фантома и методов анализа данных.

*Низовцова Л.А.* — разработка концепции исследования, редактирование текста рукописи.

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.** Данная статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы (№ ЕГИСУ: AAAA-A20-120071090045-7) в соответствии с программой Департамента здравоохранения города Москвы «Научное обеспечение столичного здравоохранения» на 2020–2022 гг.

**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.

2. ISCD Official Positions - Adult - International Society for Clinical Densitometry (ISCD, 2019). Available from: <https://iscd.app.box.com/s/5r713cfzvf4gr28q7zdcg2i7169fv86>.
3. Mattsson S., Thomas B.J. Development of methods for body composition studies. *Phys Med Biol*. 2006;51(13):R203-R228. doi: 10.1088/0031-9155/51/13/R13.
4. Park A.J., Choi J.H., Kang H., Park K.J., Kim H.Y., Kim S.H. et al. Result of Proficiency Test and Comparison of Accuracy Using a European Spine Phantom among the Three Bone Densitometries. *J Bone Metab*. 2015;22(2):45-49. doi: 10.11005/jbm.2015.22.2.45.



5. Krueger D., Vallarta-Ast N., Checovich M., Gemar D., Binkley N. BMD measurement and precision: a comparison of GE Lunar Prodigy and iDXA densitometers. *J Clin Densitom.* 2012;15(1):21-25. doi: 10.1016/j.jocd.2011.08.003.
6. Laugerette A., Schwaiger B.J., Brown K., Frerking L.C., Kopp F.K., Mei K. et al. DXA-equivalent quantification of bone mineral density using dual-layer spectral CT scout scans. *Eur Radiol.* 2019;29(9):4624-4634. doi: 10.1007/s00330-019-6005-6.
7. Петряйкин А.В., Смолярчук М.Я., Петряйкин Ф.А., Низовцова Л.А., Артюкова З.Р., Сергунова К.А. и др. Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК ФК2. *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(3):124-134. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134.
8. Petraikin A.V., Smolyarchuk M.J., Petryaykin F.A., Nizovtsova L.A., Artyukova Z.R., Sergunova K.A. et al. [Assessment the accuracy of Densitometry Measurements using DMA PP2 Phantom]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2019;25(3):124-134. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-124-134.
9. Закроева А.Г., Бабалян В.Н., Габдулина Г.Х., Лобанченко О.В., Ершова О.Б., Исаева С.М. и др. Состояние проблемы остеопороза в странах Евразийского региона. *Остеопороз и остеопатии.* 2020;23(4):19-29. doi: 10.14341/osteo12700.
10. Zakroyeva A.G., Babalyan V., Gabdulina G., Lobanchenko O., Ershova O.B., Issaeva S. et al. [Burden of Osteoporosis in the Countries of the Eurasian Region]. *Osteoporoz i osteopatii* [Osteoporosis and Bone Diseases]. 2020;23(4):19-29. (In Russian). doi: 10.14341/osteo12700.
11. Kanis J.A., Johnell O. Requirements for DXA for the management of osteoporosis in Europe. *Osteoporosis Int.* 2005;16(3):229-238. doi: 10.1007/s00198-004-1811-2.
12. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации. *Врач и информационные технологии.* 2017;(2):60-72.
13. Gusev A.V., Zarubina T.V. [Clinical decisions support in medical information systems of a medical organisation]. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* [Information technologies for the Physician]. 2017;(2):60-72. (In Russian).
14. Halldorsson B.V., Bjornsson A.H., Gudmundsson H.T., Birgisson E.O., Ludviksson B.R., Gudbjornsson B. A clinical decision support system for the diagnosis, fracture risks and treatment of osteoporosis. *Comput Math Methods Med.* 2015;2015:189769. doi: 10.1155/2015/189769.
15. Dequeker J., Reeve J., Pearson J., Bright J., Felsenberg D., Kalender W. et al. Comac-Bme Quantitative Assessment Of Osteoporosis Study Group. Multicentre European COMAC-BME study on the standardisation of bone densitometry procedures. *Technol Health Care.* 1993;1(2):127-131. doi: 10.3233/THC-1993-1202.
16. Kalender W.A., Felsenberg D., Genant H.K., Fischer M., Dequeker J., Reeve J. The European Spine Phantom--a tool for standardization and quality control in spinal bone mineral measurements by DXA and QCT. *Eur J Radiol.* 1995;20(2):83-92. doi: 10.1016/0720-048x(95)00631-y.
17. Hind K., Cooper W., Oldroyd B., Davies A., Rhodes L. A cross-calibration study of the GE-lunar iDXA and prodigy for the assessment of lumbar spine and total hip bone parameters via three statistical methods. *J Clin Densitom.* 2015;18(1):86-92. doi: 10.1016/j.jocd.2013.09.011.
18. Pearson D., Cawte S.A., Green D.J. A comparison of phantoms for cross-calibration of lumbar spine DXA. *Osteoporosis Int.* 2002;13(12):948-954. doi: 10.1016/10.1007/s001980200132.
19. Kolta S., Ravaud P., Fechtenbaum J., Dougados M., Roux C. Accuracy and precision of 62 bone densitometers using a European Spine Phantom. *Osteoporosis Int.* 1999;10(1):14-19. doi: 10.1007/s001980050188.
20. Van Hamersvelt R.W., Schilham A.M.R., Engelke K., den Harder A.M., de Keizer B., Verhaar H.J. et al. Accuracy of bone mineral density quantification using dual-layer spectral detector CT: a phantom study. *Eur Radiol.* 2017;27(10):4351-4359. doi: 10.1007/s00330-017-4801-4.
21. Никитинская О.А., Торопцова Н.В. В помощь практикующему врачу: возможность мониторингования лечения остеопороза при исследовании минеральной плотности кости на разных аксиальных денситометрах. *Медицинский алфавит.* 2019;2(37):22-28. doi: 10.33667/2078-5631-2019-2-37(412)-22-28.
22. Nikitinskaya O.A., Toroptsova N.V. [To help practitioner: monitoring treatment of osteoporosis in study of bone mineral density on different axial densitometers]. *Meditsinskii alfavit* [Medical Alphabet]. 2019;37(2):22-28. (In Russian). doi: 10.33667/2078-5631-2019-2-37(412)-22-28.
23. Yu E.W., Bijoy J.T., Brown J.K., Finkelstein J.S. Simulated increases in body fat and errors in bone mineral density measurements by DXA and QCT. *J Bone Miner Res.* 2012;27(1):119-124. doi: 10.1002/jbmr.506.
24. Guerrero-Pérez F., Casajoana A., Gómez-Vaquero C., Virgili N., López-Urdiales R., Hernández-Montoliu L. et al. Long-Term Effects in Bone Mineral Density after Different Bariatric Procedures in Patients with Type 2 Diabetes: Outcomes of a Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* 2020;9(6):1830. doi: 10.3390/jcm9061830.
25. Yu E.W., Bouxsein M.L., Roy A.E., Baldwin C., Cange A., Neer R.M. et al. Bone loss after bariatric surgery: discordant results between DXA and QCT bone density. *J Bone Miner Res.* 2014;29(3):542-550. doi: 10.1002/jbmr.2063.
26. Helba M., Binkovitz L.A. Pediatric body composition analysis with dual-energy X-ray absorptiometry. *Pediatr Radiol.* 2009;39(7):647-656. doi: 10.1007/s00247-009-1247-0.
27. Lifshitz F., Hecht J.P., Bermúdez E.F., Gamba C.A., Reinoso J.M., Casavalle P.L. et al. Body composition analysis by dual-energy X-ray absorptiometry in young preschool children. *Eur J Clin Nutr.* 2016;70(10):1203-1209. doi: 10.1038/ejcn.2016.38.
28. Marzetti E., Calvani R., Tosato M., Cesari M., Di Bari M., Cherubini A. et al. Sarcopenia: an overview. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(1):11-17. doi: 10.1007/s40520-016-0704-5.
29. Krueger D., Libber J., Sanfilippo J., Yu H.J., Horvath B., Miller C.G. et al. A DXA Whole Body Composition Cross-Calibration Experience: Evaluation With Humans, Spine, and Whole Body Phantoms. *J Clin Densitom.* 2016;19(2):220-225. doi: 10.1016/j.jocd.2015.04.003.



26. Аврунин А.С., Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Карагодина М.П., Плиев Д.Г., Товпич И.Д. Ошибка воспроизводимости аппаратно-программного комплекса Lunar Prodigy (version Encore) (Prodigy) при исследовании фантомов и костных структур. *Гений ортопедии*. 2010;(4):104-110.

Avrunin A.S., Tikhilov R.M., Shubniakov I.I., Karagodina M.P., Pliyev D.G., Tovpich I.D. [Reproducibility error of Lunar Prodigy (Version Encore) (Prodigy) apparatus-programming complex in studying phantoms and bone structures]. *Genij Ortopedii*. 2010;(4):104-110. (In Russian).

#### Authors' information

✉ Ekaterina S. Akhmad

Address: 24, Petrovka str., Moscow, 127051, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-8235-9361>

e-mail: e.ahmad@npcmr.ru

Alexey V. Petraikin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>

e-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Dmitry S. Semenov

<https://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

e-mail: d.semenov@npcmr.ru

Zlata R. Artyukova

<https://orcid.org/0000-0003-2960-9787>

e-mail: zl.artyukova@gmail.com

Nikita D. Kudryavtsev

<https://orcid.org/0000-0003-4203-0630>

e-mail: n.kudryavtsev@npcmr.ru

Fedor A. Petriakin

<https://orcid.org/0000-0001-6923-3839>

e-mail: feda.petraykin@gmail.com

Ludmila A. Nizovtsova — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>

e-mail: nizovtsova@npcmr.ru

#### Сведения об авторах

✉ Ахмад Екатерина Сергеевна

Адрес: Россия, 127051, г. Москва, ул. Петровка, д. 24

<https://orcid.org/0000-0002-8235-9361>

e-mail: e.ahmad@npcmr.ru

Петрайкин Алексей Владимирович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>

e-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Семенов Дмитрий Сергеевич

<https://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

e-mail: d.semenov@npcmr.ru

Артюкова Злата Романовна

<https://orcid.org/0000-0003-2960-9787>

e-mail: zl.artyukova@gmail.com

Кудрявцев Никита Дмитриевич

<https://orcid.org/0000-0003-4203-0630>

e-mail: n.kudryavtsev@npcmr.ru

Петрайкин Федор Алексеевич

<https://orcid.org/0000-0001-6923-3839>

e-mail: feda.petraykin@gmail.com,

Низовцова Людмила Арсеньевна — д-р мед. наук, профессор

<https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>

e-mail: nizovtsova@npcmr.ru



## Патоморфологические изменения телец Фатер-Пачини при ладонном фасциальном фиброматозе в зависимости от степени контрактуры Дюпюитрена

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

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

**Введение.** Данные мировой литературы свидетельствуют о вовлечении телец Фатер-Пачини в патогенез ладонного фасциального фиброматоза, но сведения об их патоморфологических изменениях и гистоморфометрических характеристиках противоречивы.

**Цель исследования** — сравнительный анализ качественных и количественных изменений телец Фатер-Пачини у пациентов с контрактурой Дюпюитрена разной степени.

**Материал и методы.** Проведен анализ историй болезни и резецированного во время операций материала от 100 пациентов с контрактурой Дюпюитрена, распределенных на две группы: группа 1 — с контрактурой I–II ст. ( $n = 31$ ), группа 2 — III–IV ст. ( $n = 69$ ). В парафиновых и полутонких срезах операционного материала пациентов проведена гистоморфометрия 122 телец Фатер-Пачини, в которых плоскость среза прошла через центральное ядро.

**Результаты.** На момент начала заболевания различие медиан возраста в группах статистически незначимо. Медиана возраста на момент операции (группа 1 — 56,0 лет; группа 2 — 61,0 год;  $p = 0,001$ ) и медиана давности заболевания (группа 1 — 5,0 лет; группа 2 — 9,0 лет;  $p = 0,006$ ) больше в группе 2, вариативность давности заболевания сопоставима. Установлено, что тельца Фатер-Пачини претерпевают последовательные реактивно-деструктивные изменения в виде гибели центрального аксона, расслоения капсулы, воспаления, фиброза, деформации и деструкции. Количество телец больше ( $p = 0,040$ ) в группе 1 — 1 (0; 3), чем в группе 2 — 0 (0; 6). В группе 2 тельца имеют большие диаметры (группа 1 — 0,85 мм; группа 2 — 0,96 мм;  $p = 0,072$ ) и большее количество слоев наружной капсулы (группа 1 — 17; группа 2 — 20;  $p = 0,032$ ).

**Заключение.** У пациентов с контрактурой Дюпюитрена наряду с компенсаторно-приспособительными изменениями телец (гиперплазия и гипертрофия) развиваются их необратимые деструктивные изменения, которые при прогрессировании заболевания до III–IV ст. приводят к потере численности телец.

**Ключевые слова:** контрактура Дюпюитрена, тельца Фатер-Пачини, морфология, морфометрия.

Щудло Н.А., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А. Патоморфологические изменения телец Фатер-Пачини при ладонном фасциальном фиброматозе в зависимости от степени контрактуры Дюпюитрена. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):58–66. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1763>.

Варсегова Татьяна Николаевна; e-mail: varstn@mail.ru

Рукопись получена: 07.04.2022. Рукопись одобрена: 17.05.2022. Статья опубликована онлайн: 26.05.2022.

© Щудло Н.А., Варсегова Т.Н., Ступина Т.А., 2022

## Pathomorphological Changes in Vater-Pacini Corpuscles in Palmar Fascial Fibromatosis Depending on the Dupuytren's Contracture Degree

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

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

**Background.** World literature data indicate the involvement of Vater-Pacini corpuscles in the pathogenesis of palmar fascial fibromatosis, but the information about their pathomorphological changes and histomorphometric characteristics is contradictory.

**Purpose** — a comparative analysis of qualitative and quantitative changes in Vater-Pacini corpuscles in patients with Dupuytren's contracture of varying degrees.

**Methods.** The analysis of case histories and material resected during operations from 100 patients with Dupuytren's contracture, was made. The patients were divided into two groups: group 1 — those with degree I-II contracture (n = 31), group 2 — those with degree III-IV (n = 69). Histomorphometry of 122 Vater-Pacini corpuscles, in which the cut plane passed through the central nucleus, was performed in paraffin and semi-thin sections of the patients' surgical material.

**Results.** At the time of the disease onset, the difference in age medians in the groups was not statistically significant. The age median at the time of surgery (group 1 — 56.0 years; group 2 — 61.0 years, p = 0.001) and the median of the disease duration (group 1 — 5.0 years; group 2 — 9.0 years, p = 0.006) were higher in group 2, the variability in the disease duration was comparable. As it has been established, Vater-Pacini corpuscles undergo successive reactive-destructive changes in the form of death of the central axon, stratification of the capsule, inflammation, fibrosis, deformation and destruction. The number of corpuscles is greater (p = 0.040) in group 1 — 1 (0; 3) than in group 2 — 0 (0; 6). In group 2, the corpuscles have larger diameters (group 1 — 0.85 mm; group 2 — 0.96 mm, p = 0.072), more layers of the outer capsule (group 1 — 17; group 2 — 20, p = 0.032).

**Conclusions.** In patients with Dupuytren's contracture, along with compensatory and adaptive changes in Vater-Pacini corpuscles (hyperplasia and hypertrophy), their irreversible destructive changes develop, which, when the disease progresses to grade 3-4, lead to a loss in the number of bodies.

**Keywords:** Dupuytren's contracture, Vater-Pacini corpuscles, morphology, morphometry.

**Cite as:** Shchudlo N.A., Varsegova T.N., Stupina T.A. [Pathomorphological Changes in Vater-Pacini Corpuscles in Palmar Fascial Fibromatosis Depending on the Dupuytren's Contracture Degree]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):58-66. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1763>.

✉ Tatyana N. Varsegova; e-mail: varstn@mail.ru

Submitted: 07.04.2022. Accepted: 17.05.2022. Published Online: 26.05.2022.

© Shchudlo N.A., Varsegova T.N., Stupina T.A., 2022

**ВВЕДЕНИЕ**

Ладонный фасциальный фиброматоз относится к заболеваниям соединительной ткани [1, 2]. Он характеризуется преимущественным поражением ладонного апоневроза в проекции IV–V лучей кисти, начинающимся с появления узелков и тяжей [3, 4], которые со временем приводят к ограничению разгибания пальцев и последующей сгибательной деформации кисти [5, 6, 7].

Признавая полиэтиологичный характер заболевания, обусловленный взаимодействием экзогенных и эндогенных факторов [8, 9, 10], I.E. Mikusev предположил, что первичным звеном его патогенеза являются нарушения микроциркуляции в тельцах Фатер-Пачини [11]. Тельца Фатер-Пачини — чувствительные рецепторы вибрации и глубокого давления — важны для проприоцепции, присутствуют во всех частях человеческого тела, но наиболее многочисленны на кисти [12, 13, 14]. Именно локтевой край кисти здоровых людей содержит наибольшее количество телец Фатер-Пачини, которые характеризуются большой вариабельностью размеров; наиболее крупные тельца (до 5 мм диаметром) локализуются в поверхностных слоях апоневроза, где капилляры формируют более плотную сеть. Уже на начальных стадиях контрактуры Дюпюитрена можно выявить деформацию и дегенеративно-дистрофические изменения телец Фатер-Пачини, а в наиболее тяжелых случаях контрактуры тельца Фатер-Пачини отсутствуют [11].

Последующие исследования увеличили неопределенность представлений о морфологических характеристиках телец Фатер-Пачини в норме и у пациентов с контрактурой Дюпюитрена. Данные о размерах телец Фатер-Пачини в пальцах здоровых людей противоречивы: по данным ряда авторов, они имели длину 1,5 мм и ширину 0,78 мм [15], 1,0–2,5 мм и 0,2–0,5 мм [16], размеры варьировали от 2×1 до 5×5 мм [17]. По данным других авторов, диаметры телец колебались от 1,0 до 5,0 мм [14], от 0,8 до 2,2 мм (средний поперечный диаметр составлял  $1,40 \pm 0,23$  мм) [18]. L. Józsa с соавторами описали гипертрофию телец Фатер-Пачини и увеличение отложений коллагена вокруг них при контрактуре Дюпюитрена [19]. N. Akyurek с соавторами и M.O. Yenidunya с соавторами в единичных клинических случаях контрактуры Дюпюитрена выявили гиперплазию телец — формирование кластеров телец, размеры которых не отличались от нормальных [20, 21]. A. Camre с соавторами, исследуя гистологические корреляты болевой формы контрактуры Дюпюитрена в материале от 10 пациентов, выявили увеличенные тельца Фатер-Пачини только у одного пациента [22]. W.R. Ehrmantant с соавторами, сравнивая численность телец Фатер-Пачини у 5 пациентов

с контрактурой Дюпюитрена и у 17 здоровых лиц, установили, что при контрактуре Дюпюитрена тельца Фатер-Пачини более многочисленны, чем в норме, имеют большие размеры за счет увеличения количества слоев, дают более интенсивную реакцию с фактором роста нерва [15].

Качественные и количественные иммуногистохимические исследования топографии и плотности расположения нервных структур (с использованием антител к белку S100 и тубулину) нормального ладонного апоневроза и у пациентов с контрактурой Дюпюитрена также показали более высокую плотность свободных нервных окончаний в патологических образцах, что указывает на вовлеченность нервных структур в усиленный фиброз при данной патологии [23].

Противоречивые данные о гистоморфметрических характеристиках телец Фатер-Пачини в норме и направленности их изменений при контрактуре Дюпюитрена, а также мнения авторов о ключевой роли телец Фатер-Пачини в патогенезе фасциального фиброматоза актуализируют дальнейшие исследования этих структур на большем клиническом материале.

*Цель работы* — сравнительный анализ качественных и количественных изменений телец Фатер-Пачини у пациентов с контрактурой Дюпюитрена разной степени.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Проведен анализ историй болезни и резецированного во время операций материала от 100 пациентов с контрактурой Дюпюитрена, прооперированных в период с 2015 по 2020 г. Возраст пациентов варьировал от 22 до 70 лет.

*Критерии включения:* контрактура Дюпюитрена, гистологически подтвержденный ладонный фасциальный фиброматоз.

*Критерии исключения:* наличие у пациентов с контрактурой Дюпюитрена сочетанных травм и травм кисти в анамнезе.

Выделены две группы сравнения: пациенты с I–II ст. заболевания ( $n = 31$ ) и III–IV ст. заболевания ( $n = 69$ ).

Критериями сравнения послужили давность ладонного фасциального фиброматоза (от момента появления участков уплотнения кожи ладони), возраст на момент начала заболевания, возраст на момент операции, степень контрактуры Дюпюитрена по классификации R. Tubiana [24], количество телец Фатер-Пачини в операционном материале и их гистоморфометрические характеристики.

Фрагменты патологически измененного ладонного апоневроза с прилежащими к ним участками подкожной жировой клетчатки и поверхностной фасции, резецированные во время операций час-

тичной фасциэктомии, фиксировали в 4% формалине и заливали в парафиновые блоки по стандартной методике. Продольные и поперечные срезы (5–7 мкм) получали на микротоме (Reichert, США), окрашивали гематоксилином и эозином, трехцветным методом по Массону. Часть материала фиксировали в смеси растворов глутарового альдегида и параформальдегида, затем в растворе оксида осмия (VIII) и заливали в аралдит. Полутонкие срезы получали на ультрамикротоме Nova (LKB, Швеция), окрашивали метиленовым синим и основным фуксином. Изображения микропрепаратов для морфометрических исследований получали с помощью микроскопа AxioScope.A1 и цифровой камеры AxioCam (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Германия). В программе «ВидеоТест Мастер-Морфология, 4.0» (Россия) выполнили гистоморфометрическое исследование 122 телец Фатер-Пачини, в которых плоскость среза прошла через центральное ядро. Определяли их средний диаметр, среднее количество слоев наружной капсулы и фактор формы.

**Статистический анализ**

Обработку количественных данных проводили в Microsoft Excel с использованием программы Attestat (версия 9.3.1). Для расчета статистически значимых различий использовали непараметрический критерий Вилкоксона (уровень значимости  $p < 0,05$ ), так как распределение данных в некоторых выборках отличалось от нормального. Табличные данные представляли в виде медиан (Me) и квартилей (Q1; Q3).

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Анализ основных клинико-демографических характеристик групп сравнения показал, что на момент начала заболевания группы были сопоставимы по возрасту — различие медиан возраста

статистически незначимо (табл. 1). Медиана возраста на момент операции и медиана давности заболевания были больше в группе 2, чем в группе 1 — на 5 ( $p = 0,001$ ) и 4 года ( $p = 0,006$ ) соответственно, однако вариативность давности заболевания сопоставима.

Морфологическое исследование резецированных во время операции частичной фасциэктомии фрагментов ладонного апоневроза выявило наличие во многих образцах сложных по строению инкапсулированных нервных окончаний — телец Фатер-Пачини.

У пациентов с контрактурой Дюпюитрена тельца Фатер-Пачини нормальной структуры являются редкой находкой. У пациентов группы 1 встречаются окруженные общим периневрием кластеры телец, в составе которых присутствуют тельца с разной степенью выраженности периневрита (рис. 1).

Выраженные реактивно-деструктивные изменения выявляются не только в самих тельцах, но и в расположенных в непосредственной близости от них нервах и артериях. В нервных стволиках периневрит закономерно сопровождает аксональную и валлеровскую дегенерацию миелиновых нервных волокон (рис. 2а). В большинстве кровеносных сосудов (артериолах и капиллярах) наблюдается облитерация просветов, утолщение стенок и некробиотические изменения клеточных элементов сосудистых стенок (рис. 2б).

При этом у телец Фатер-Пачини можно выделить каскад последовательных реактивно-деструктивных изменений. Так, сначала центральная часть тельца запустевает вследствие разрушения нервной терминали (рис. 2с, d). Начинает нарушаться круговая регулярность ламеллярных слоев внутреннего ядра и наружной капсулы, появляется выраженная волнистость, начинается деформация контуров тельца (рис. 2с, d).

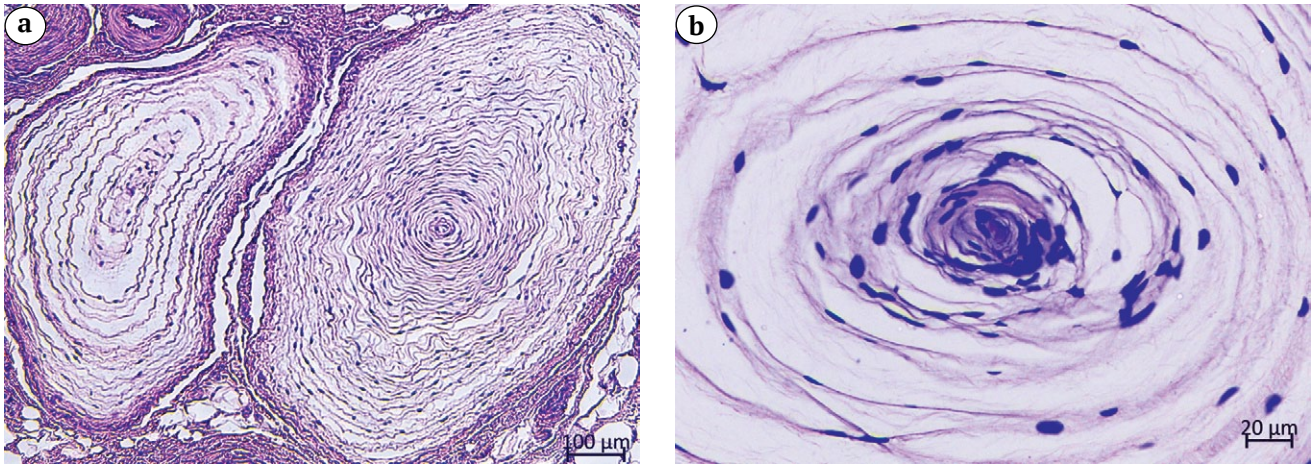
Таблица 1

**Основные клинико-демографические характеристики исследуемых групп пациентов, Me (Q1; Q3)**

Параметр	Группа 1 (I–II ст. контрактуры) <i>n</i> = 31	Группа 2 (III–IV ст. контрактуры) <i>n</i> = 69	<i>p</i> критерий Вилкоксона
Возраст на момент начала заболевания, лет	32–68 49,0 (45,5; 54,0)	22–70 53,5 (47,0; 59,0)	0,079
Возраст на момент операции, лет	39–71 56,0 (51,0; 58,0)	37–77 61,0 (56,0; 67,0)	0,001*
Давность заболевания, лет	1–30 5,0 (2,0; 9,5)	0,5–30 9,0 (5,0; 15,0)	0,006*

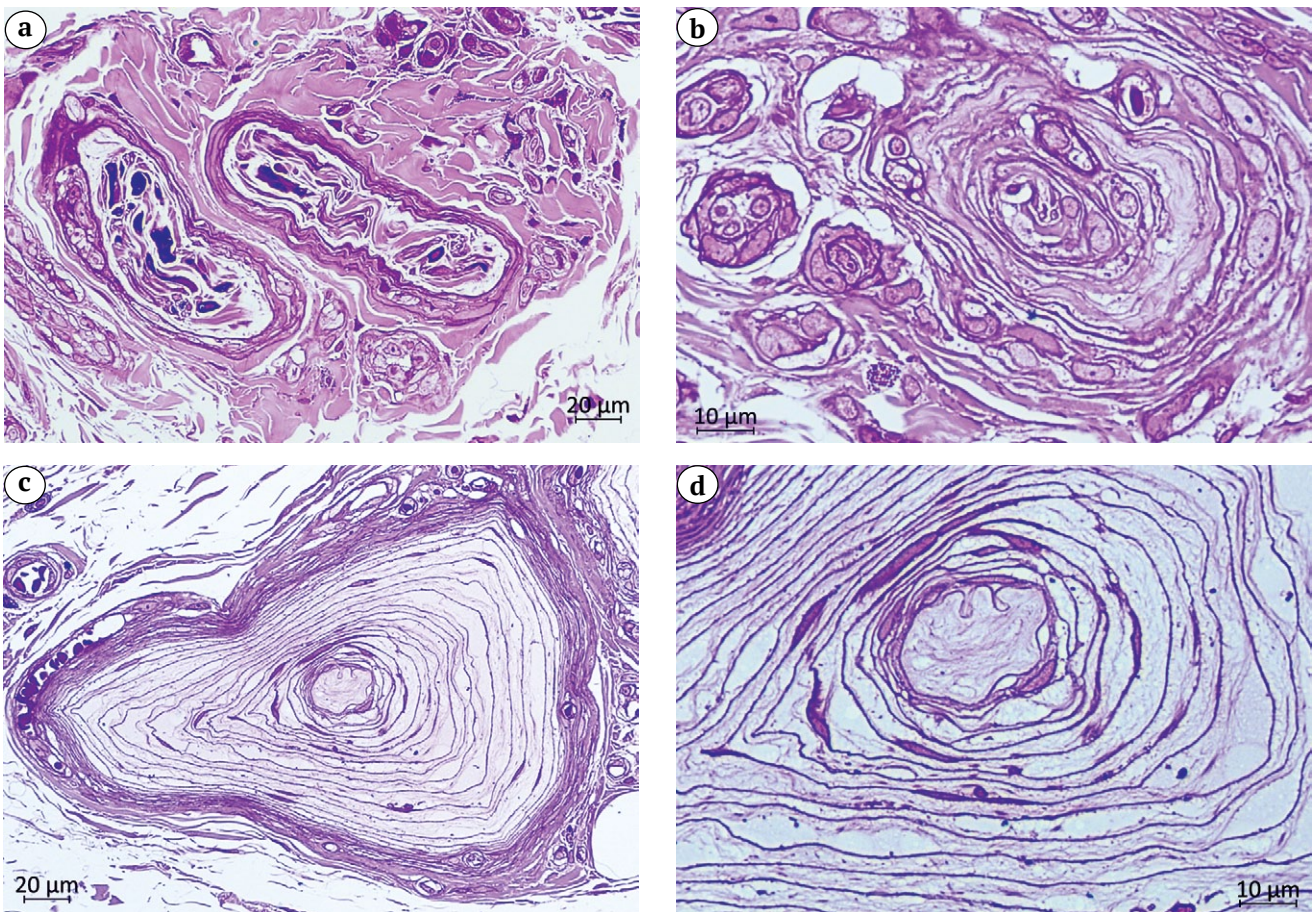
\* — различия между группами статистически значимы.





**Рис. 1.** Тельца Фатер-Пачини в парафиновых срезах ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена II ст. Кластер из двух телец с неравномерным гофрированием слоев периневральных клеток и неравномерными расстояниями между слоями. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: а –  $\times 50$ ; б –  $\times 400$

**Fig. 1.** Vater-Pacini corpuscles in paraffin sections of the palmar aponeurosis of patients with grade II Dupuytren's contracture. Cluster of two corpuscles with uneven corrugation of layers of perineurial cells and with uneven distances between layers. Stained with hematoxylin and eosin. Mag.: a –  $\times 50$ ; b –  $\times 400$



**Рис. 2.** Нервы (а), кровеносные сосуды (б) и тельца Фатер-Пачини (с, д) в полутонких срезах ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена III степени. Окраска метиленовым синим и основным фуксином. Ув.: а, с –  $\times 400$ ; б, д –  $\times 1000$

**Fig. 2.** Nerves (a), blood vessels (b) and Vater-Pacini corpuscles (c, d) in semi-thin sections of the palmar aponeurosis of patients with grade III Dupuytren's contracture. Stained with methylene blue and basic fuchsin. Mag.: a, c –  $\times 400$ ; b, d –  $\times 1000$

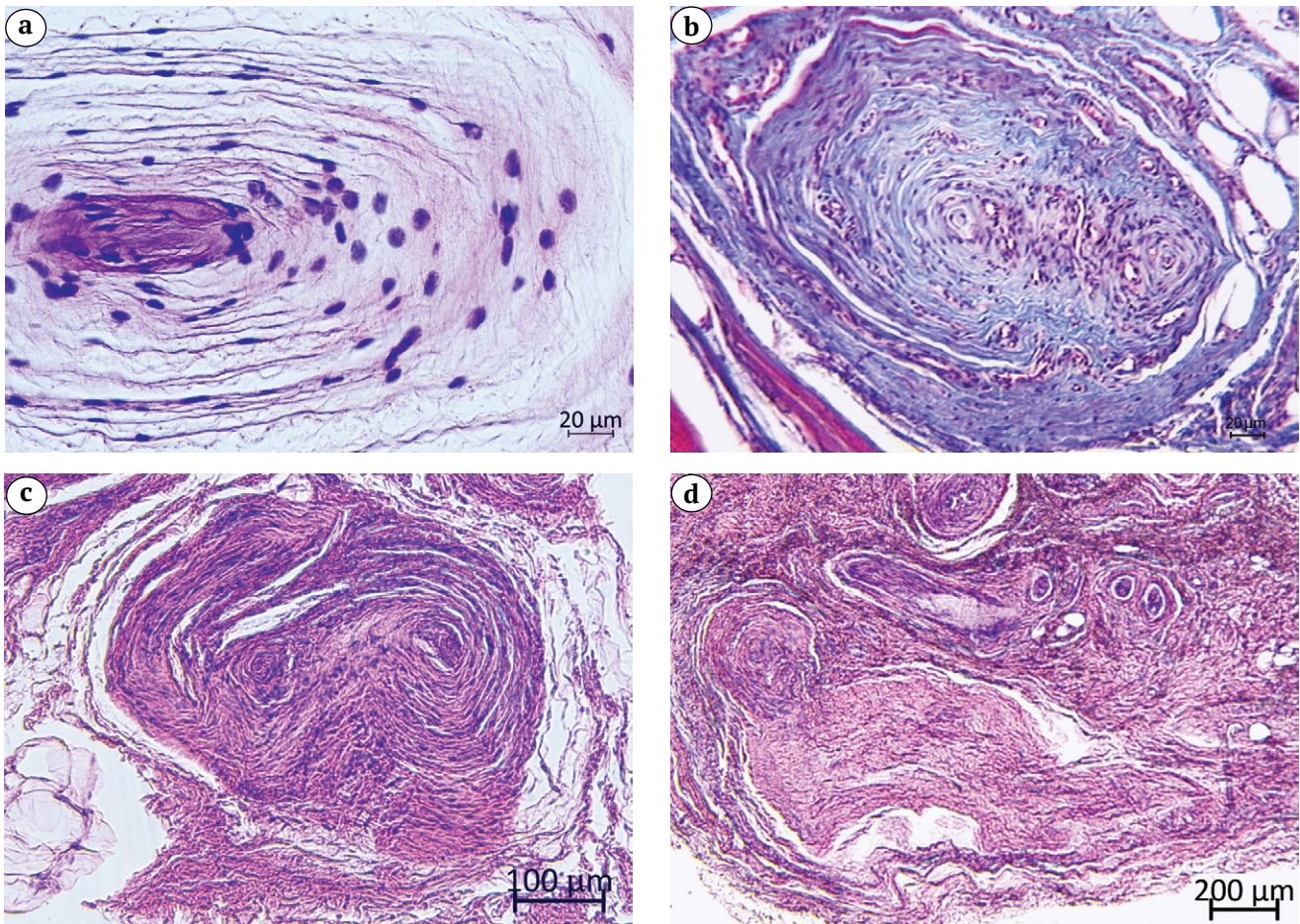


Далее выявляются локальные нарушения непрерывности отдельных слоев внешней капсулы, но при этом пластинчатая структура внешней капсулы и внутреннего ядра остается сохранной, ядра образующих ламеллы клеток хорошо просматриваются. В местах с нарушенной целостностью слоев внешней капсулы в межламеллярных пространствах выявляются мигрирующие в тельца макрофаги, проникающие до внутреннего ядра (рис. 3 а). Они имеют очень темную, часто вакуолизованную цитоплазму, некоторые приобретают форму ракетки. Наблюдается расслоение наружной капсулы, слои становятся более рыхлыми.

В последующем признаки воспалительной реакции усиливаются, в тельца Фатер-Пачини прорастают капилляры, вплоть до внутренней колбы. Фибробластоподобные клетки наружной капсулы начинают активную выработку коллагена

в межламеллярные пространства (рис. 3 б), тельца становятся фиброзированными (рис. 3 б, с), начинается деформация их контуров, сморщивание (рис. 3 с), некоторые приобретают извилистую форму и в конечном итоге наблюдается их деструкция (рис. 3 д).

Гистоморфометрические исследования телец Фатер-Пачини ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена показали, что количество телец в группе с I–II ст. заболевания больше ( $p = 0,040$ ), чем у пациентов с III–IV ст. (табл. 2). Сдвиг размерных характеристик в сторону больших диаметров у пациентов группы 2 выражен на уровне тенденции ( $p = 0,072$ ). В группе 2 тельца имеют большее количество слоев наружной капсулы ( $p = 0,032$ ) и меньшие значения фактора формы (0,016), что свидетельствует о большем фиброзировании и деформации.



**Рис. 3.** Тельца Фатер-Пачини в парафиновых срезах ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена II ст. (а, б), II степени (с) и III–IV степени (д): а — макрофаги в межламеллярных пространствах наружной капсулы; б, с — фиброз и деформация контуров; д — деструкция тельца. Окраска гематоксилином и эозином (а, с, д), трихромным методом по Массону (б). Ув.: а —  $\times 400$ ; б, д —  $\times 40$ ; с —  $\times 100$

**Fig. 3.** Vater-Pacinian corpuscles in paraffin sections of the palmar aponeurosis of patients with grade II Dupuytren's contracture (a, b), grade III (c) and grade III–IV (d): a — macrophages in the interlamellar spaces of the outer capsule; b, c — fibrosis and deformation of the contours; d — destruction of the corpuscles. Stained with hematoxylin and eosin (a, c, d), Masson's trichrome method (b). Mag.: a —  $\times 400$ ; b, d —  $\times 40$ ; c —  $\times 100$

Таблица 2

**Гистоморфометрические характеристики телец Фатер-Пачини ладонного апоневроза пациентов с контрактурой Дюпюитрена, Me (Q1; Q3)**

Параметр	Группа 1 (I–II ст. контрактуры) <i>n</i> = 53	Группа 2 (III–IV ст. контрактуры) <i>n</i> = 69	<i>p</i> критерий Вилкоксона
Количество телец	от 0 до 5 1 (0; 3)	от 0 до 6 0 (0; 6)	0,040*
Диаметр телец, мм	от 0,05 до 2,29 0,85 (0,54; 0,97)	от 0,32 до 1,76 0,96 (0,63; 1,29)	0,072
Количество слоев наружной капсулы	от 9 до 29 17 (14; 21)	от 10 до 38 20 (16; 26)	0,032*
Фактор формы телец	от 0,590 до 0,980 0,820 (0,770; 0,920)	от 0,370 до 0,990 0,800 (0,680; 0,870)	0,016*

\* – различия между группами статистически значимы.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что у больных с контрактурой Дюпюитрена тельца Фатер-Пачини в ладонном апоневрозе претерпевают последовательные реактивно-деструктивные изменения в виде гибели центрального аксона, расслоения капсулы, воспаления, фиброза, деформации, сморщивания и, в конечном итоге, некробиоза, что подтверждает результаты I.E. Mikusev, обнаружившего их дегенеративно-дистрофические изменения и последующее исчезновение при данной патологии [11]. Причиной реактивно-деструктивных изменений телец Фатер-Пачини, по-видимому, являются не только микроциркуляторные нарушения [11, 25], но и денервация вследствие патоморфологических изменений нервов [26, 27]. Аналогичные изменения телец Фатер-Пачини прослежены на экспериментальной модели пересечения седалищного нерва крысы: уже в течение недели после перерезки нерва происходила деструкция аксонных терминалей, а через 8 нед. ламеллы периневральных клеток приобретали волнистость, нарушалась их циркулярность, а с течением времени увеличивалась продукция коллагеновых фибрилл [28].

Обнаружение кластерного расположения телец в исследованном нами материале согласуется с данными литературы о гиперплазии телец Фатер-Пачини, которая может встречаться при разных заболеваниях, включая контрактуру Дюпюитрена. Патогенез гиперплазии не выяснен, но потенциальной первопричиной считается травматизация кисти [29]. По-видимому, гиперплазия телец Фатер-Пачини в какой-то мере компенсирует нарушения их функций, деструкцию и потерю численности. В нашем исследовании операционного материала пациентов с контрактурой Дюпюитрена кластеры телец выявлялись уже на начальных стадиях заболевания, однако у паци-

ентов с контрактурой III–IV ст. численность телец была значимо меньше, чем при I–II ст.

Выявленная нами тенденция к увеличению диаметров телец и достоверное увеличение количества слоев наружной капсулы у пациентов с контрактурой Дюпюитрена III–IV ст. по сравнению с I–II ст. согласуется с исследованием W.R. Ehrmantant с соавторами, в котором выявлено увеличение аналогичных параметров у пациентов с контрактурой Дюпюитрена по сравнению со здоровыми лицами [15]. Эти изменения также могут быть отнесены к компенсаторно-приспособительным, так как увеличение количества слоев периневральных клеток повышает барьерные свойства периневрия [30]. С другой стороны, по мнению W.R. Ehrmantant с соавторами, избыточный клеточный рост фиброзной капсулы телец Фатер-Пачини генерирует клетки, которые развиваются в фиброматозные узлы [15]. Эта концепция косвенно подтверждается тем, что скопления телец Фатер-Пачини локализуются на уровне пястно-фаланговых суставов — там же, где наиболее часто формируются фиброматозные узлы [14]. Однако обнаруженное увеличение количества слоев наружной капсулы телец Фатер-Пачини в нашем исследовании можно считать умеренным, так как в норме количество слоев составляет 13–15, а при их гипертрофии у пожилого пациента, много лет проработавшего слесарем, — от 35 до 60 [31].

В нашем исследовании также установлено, что прогрессирование контрактуры Дюпюитрена до III–IV ст. сопровождается статистически значимым снижением фактора формы телец Фатер-Пачини и полной деструкцией. Эти данные согласуются с результатами исследований чувствительности у пациентов. По данным С. Engstrand с соавторами, у пациентов с контрактурой Дюпюитрена при дефиците разгибания 60 нормальный уровень чувствительности до операции



был только в 28% случаев, нарушения тактильной чувствительности отмечены у 66% пациентов, протективной чувствительности — у 6% [32].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые на большом клиническом материале выполнено исследование качественных и количественных изменений телец Фатер-Пачини у пациентов с контрактурой Дюпюитрена в зависимости от стадии заболевания. Установлено, что наряду с ком-

пенсаторно-приспособительными (гиперплазия и гипертрофия телец) развиваются их реактивно-деструктивные изменения, которые при прогрессировании заболевания до III–IV ст. приводят к необратимой потере численности телец. Полученные новые данные устраняют имевшиеся в мировой литературе противоречия о направленности изменений пластинчатых телец и являются фактическим подтверждением роли этих изменений в патогенезе ладонного фасциального фиброматоза.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Шудло Н.А.* — разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи.

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

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

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

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

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

**Этическая экспертиза.** Исследование одобрено Комитетом по этике учреждения (протокол № 4 (68) от 11.11.2020).

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

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Shchudlo N.A.* — research conception and design, writing the draft.

*Varsegova T.N.* — the collection and processing of material, writing the draft.

*Stupina T.A.* — the collection and processing of material, writing the draft.

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.

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

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

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Kelenjian S., Mattjie R.A., Franz R., Biedermann T., Brockow K. Clinical features and management of superficial fibromatoses. *J Dtsch Dermatol Ges.* 2019;17(4):393-397. doi: 10.1111/ddg.13808.
- Rydberg M., Zimmerman M., Löfgren J.P., Gottsäter A., Nilsson P.M., Melander O. et al. Metabolic factors and the risk of Dupuytren's disease: data from 30,000 individuals followed for over 20 years. *Sci Rep.* 2021;19(1):14669. doi: 10.1038/s41598-021-94025-7.
- Russell M.C. An Overview of Dupuytren's Disease for Perioperative Nurses. *AORN J.* 2022;115(1):65-78. doi: 10.1002/aorn.13574.
- Knobloch K., Hellweg M., Sorg H., Nedelka T. Focused electromagnetic high-energetic extracorporeal shockwave (ESWT) reduces pain levels in the nodular state of Dupuytren's disease—a randomized controlled trial (DupuyShock). *Lasers Med Sci.* 2022;37(1):323-333. doi: 10.1007/s10103-021-03254-9.
- Hindocha S. Risk Factors, Disease Associations, and Dupuytren Diathesis. *Hand Clin.* 2018;34(3):307-314. doi: 10.1016/j.hcl.2018.03.002.
- Ferreira R.M., Fidalgo I., Pimenta S., Costa L. Non-surgical treatment of Dupuytren's disease by using percutaneous needle aponeurotomy: A 10-year experience. *Rehabilitacion (Madr).* 2020;54(4):249-253. doi: 10.1016/j.rh.2020.02.007.
- Tureson C., Kvist J., Krevers B. Experiences of men living with Dupuytren's disease Consequences of the disease for hand function and daily activities. *J Hand Ther.* 2020;33(3):386-393. doi: 10.1016/j.jht.2019.04.004.
- Alser O.H., Kuo R.Y.L., Furniss D. Nongenetic Factors Associated with Dupuytren's Disease: A Systematic Review. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(4):799-807. doi: 10.1097/PRS.00000000000007146.
- Park T.H., Kim D., Lee Y.S., Kim S.Y. A meta-analysis to identify novel diagnostic and therapeutic targets for Dupuytren's disease. *Wound Repair Regen.* 2020;28(2):202-210. doi: 10.1111/wrr.12774.
- Gelbard M.K., Rosenbloom J. Fibroproliferative disorders and diabetes: Understanding the pathophysiologic relationship between Peyronie's disease, Dupuytren disease and diabetes. *Endocrinol Diabetes Metab.* 2020;4(2):e00195. doi: 10.1002/edm2.195.

11. Mikusev I.E. New facts about the pathogenesis of Dupuytren's contracture. *Acta Chir Plast.* 1989;31(1):1-14.
12. Cobo R., García-Piqueras J., Cobo J., Vega J.A. The Human Cutaneous Sensory Corpuscles: An Update. *J Clin Med.* 2021;10(2):227. doi: 10.3390/jcm10020227.
13. Zimmerman A., Bai L., Ginty D.D. The gentle touch receptors of mammalian skin. *Science.* 2014;346(6212):950-954. doi: 10.1126/science.1254229.
14. Germann C., Sutter R., Nanz D. Novel observations of Pacinian corpuscle distribution in the hands and feet based on high-resolution 7-T MRI in healthy volunteers. *Skeletal Radiol.* 2021;50(6):1249-1255. doi: 10.1007/s00256-020-03667-7.
15. Ehrmantant W.R., Graham W.P., Towfighi J., Mackay D.R., Ehrlich H.P. A histological and anatomical profile of pacinian corpuscles from Dupuytren's contracture and the expression of nerve growth factor receptor. *Plast Reconstr Surg.* 2004;114(3):721-727. doi: 10.1097/01.prs.0000131017.15574.a9.
16. Kobayashi K., Cho K.H., Yamamoto M., Mitomo K., Murakami G., Abe H. et al. Tree of Vater-Pacinian corpuscles in the human finger and thumb: a comparison between the late fetal stage and old age. *Surg Radiol Anat.* 2018;40(3):243-257. doi: 10.1007/s00276-017-1894-z.
17. Rhodes N.G., Murthy N.S., Lachman N., Rubin D.A. Normal Pacinian corpuscles in the hand: radiology-pathology correlation in a cadaver study. *Skeletal Radiol.* 2019;48(10):1591-1597. doi: 10.1007/s00256-019-03223-y.
18. Riegler G., Brugger P.C., Gruber G.M., Pivec C., Jengojan S., Bodner G. High-Resolution Ultrasound Visualization of Pacinian Corpuscles. *Ultrasound Med Biol.* 2018;44(12):2596-2601. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.08.001.
19. Józsa L., Salamon A., Réffy A., Renner A., Demel S., Donhöffer A. et al. Fine structural alterations of the palmar aponeurosis in Dupuytren's contracture. A combined scanning and transmission electronmicroscopic. *Zentralbl Allg Pathol.* 1988;134(1):15-25.
20. Akyurek N., Ataoglu O., Cenetoglu S., Ozmen S., Cavusoglu T., Yavuzer R. Pacinian corpuscle hyperplasia coexisting with Dupuytren's contracture. *Ann Plast Surg.* 2000;45(2):220-222.
21. Yenidunya M.O., Yenidunya S., Seven E. Pacinian hypertrophy in a type 2A hand burn contracture and Pacinian hypertrophy and hyperplasia in a Dupuytren's contracture. *Burns.* 2009;35(3):446-450. doi: 10.1016/j.burns.2008.01.019.
22. von Campe A., Mende K., Omaren H., Meuli-Simmen C. Painful nodules and cords in Dupuytren disease. *J Hand Surg Am.* 2012;37(7):1313-1318. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.03.014.
23. Stecco C., Macchi V., Barbieri A., Tiengo C., Porzionato A., De Caro R. Hand fasciae innervation: The palmar aponeurosis. *Clin Anat.* 2018;31(5):677-683. doi: 10.1002/ca.23076.
24. Tubiana R. Dupuytren's disease of the radial side of the hand. *Hand Clin.* 1999;15(1):149-159.
25. Долганова Т.И., Щудло Н.А., Шабалин Д.А., Костин В.В. Оценка гемодинамики артерий кисти и микроциркуляции кожи при контрактуре Дюпюитрена 3-4 стадий до и после оперативного лечения с применением чрескостной фиксации по Г.А. Илизарову. *Гений ортопедии.* 2019;25(1):86-92. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-1-86-92.
25. Dolganova T.I., Shchudlo N.A., Shabalin D.A., Kostin V.V. [Assessment of hemodynamics of the hand arteries and skin microcirculation in Dupuytren's contracture stages 3 to 4 of before and after surgical treatment with the use of Ilizarov transosseous fixation]. *Genij Ortopedii.* 2019;25(1):86-92. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-1-86-92.
26. Щудло Н.А., Костин В.В. Патогенез нейропатии при контрактуре Дюпюитрена. *Гений ортопедии.* 2019;25(1):58-64. doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-1-58-64.
26. Shchudlo N.A., Kostin V.V. [Pathogenesis of neuropathy in Dupuytren's contracture]. *Genij Ortopedii.* 2019;25(1):58-64. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-1-58-64.
27. García-Martínez I., García-Mesa Y., García-Piqueras J., Martínez-Pubil A., Cobo J.L., Feito J. et al. Sensory innervation of the human palmar aponeurosis in healthy individuals and patients with palmar fibromatosis. *J Anat.* 2022;240(5):972-984. doi: 10.1111/joa.13609.
28. Koshima I., Moriguchi T. Denervation of Pacinian corpuscles: electron microscopic observations in the rat following nerve transection. *J Reconstr Microsurg.* 1999;15(4):273-279. doi: 10.1055/s-2007-1000101.
29. Stoj V.J., Adalsteinsson J.A., Lu J., Berke A., Lipner S.R. Pacinian corpuscle hyperplasia: A review of the literature. *Int J Womens Dermatol.* 2020;7(3):335-341. doi: 10.1016/j.ijwd.2020.10.005.
30. Щудло М.М., Щудло Н.А., Варсегова Т.Н., Борисова И.В. Реакция нервов на растяжение и их структурная адаптация к удлинению конечности. *Гений ортопедии.* 2009;(4):48-55.
30. Schudlo M.M., Schudlo N.A., Varsegova T.N., Borisova I.V. [Reaction of nerves to stretching and their structural adaptation to limb lengthening]. *Genij Ortopedii.* 2009;(4):48-55. (In Russian).
31. Fraitag S., Gherardi R., Wechsler J. Hyperplastic pacinian corpuscles: an uncommonly encountered lesion of the hand. *J Cutan Pathol.* 1994;21:457-460. doi: 10.1111/j.1600-0560.1994.tb00289.x.
32. Engstrand C., Krevers B., Nylander G., Kvist J. Hand function and quality of life before and after fasciectomy for Dupuytren contracture. *J Hand Surg Am.* 2014;39(7):1333-1343.e2. doi: 10.1016/j.jhsa.2014.04.029.

#### Сведения об авторах

✉ Варсегова Татьяна Николаевна — канд. биол. наук  
 Адрес: Россия, 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6  
<https://orcid.org/0000-0001-5430-2045>  
 e-mail: varstn@mail.ru

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

Ступина Татьяна Анатольевна — д-р биол. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-3434-0372>  
 e-mail: stupinasta@mail.ru

#### Authors' information

✉ Tatyana N. Varsegova — Cand. Sci. (Biol.)  
 Address: 6, M. Ulyanova str., Kurgan, 640014, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-5430-2045>  
 e-mail: varstn@mail.ru

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

Tatyana A. Stupina — Dr. Sci. (Biol.)  
<https://orcid.org/0000-0003-3434-0372>  
 e-mail: stupinasta@mail.ru





## Оценка рентгенометрических показателей костей предплечья при травматической нестабильности дистального лучелоктевого сустава у детей

С.Ю. Семенов<sup>1</sup>, Я.Н. Проценко<sup>1</sup>, А.Г. Баиндурашвили<sup>1</sup>, С.А. Брайлов<sup>1</sup>,  
Е.С. Семенова<sup>2,3</sup>, Г.Е. Труфанов<sup>2</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> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> СПб ГБУЗ «Детский городской многопрофильный клинический центр высоких медицинских технологий им. К.А. Раухфуса», г. Санкт-Петербург, Россия

**Актуальность.** В настоящее время в литературе достаточно подробно описано применение различных методов рентгенологического исследования костей предплечья при диагностике нестабильности дистального лучелоктевого сустава (ДЛЛС), но отсутствуют сведения о рентгенометрических показателях при нестабильности ДЛЛС травматического генеза у детей. Квантитативная диагностика приобретает обязательный характер для определения тактики лечения нестабильности ДЛЛС травматического генеза у детей.

**Цель исследования** — проанализировать рентгенометрические показатели дистальных отделов костей предплечья при нестабильности ДЛЛС травматического генеза у детей для планирования хирургического лечения.

**Материал и методы.** В работе представлен анализ результатов рентгенологического исследования 23 детей с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза в возрасте от 9 до 17 лет (средний возраст — 14,2±2,5 года) — основная группа. Для сравнения анализировали рентгенограммы контралатеральных предплечий этих же пациентов — группа сравнения (23 ребенка) и рентгенограммы костей предплечья 69 пациентов детского возраста без признаков нестабильности ДЛЛС (контрольная группа). На рентгенограммах в передне-задней и боковой проекциях оценивали следующие рентгенометрические показатели: лучелоктевой и волярный углы, лучелоктевой индекс, радиоульнарное расстояние и разницу между радиоульнарными расстояниями обоих предплечий.

**Результаты.** У 19 пациентов с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза был выявлен положительный вариант лучелоктевого индекса с вывихом головки локтевой кости, в то время как показатели лучелоктевого и волярного угла характеризовались вариабельностью значений. Средние рентгенометрические параметры ДЛЛС у детей без костно-травматических изменений костей предплечья сопоставимы с нормальными значениями у взрослых.

**Заключение.** У детей с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза выявлены различные изменения рентгенометрических показателей дистальных отделов костей предплечья, которые зависят от типа перелома. У конкретного пациента детского возраста с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза эти показатели отражают биомеханические особенности кистевого сустава, что необходимо учитывать при планировании хирургического вмешательства и прогнозировании восстановления анатомии и функции предплечья.

**Ключевые слова:** дистальный лучелоктевой сустав, дети, посттравматическая нестабильность, рентгенометрия.

Семенов С.Ю., Проценко Я.Н., Баиндурашвили А.Г., Брайлов С.А., Семенова Е.С., Труфанов Г.Е. Оценка рентгенометрических показателей костей предплечья при травматической нестабильности дистального лучелоктевого сустава у детей. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):67-78. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1753>.

✉ Семенов Сергей Юрьевич; e-mail: sergey2810@yandex.ru

Рукопись получена: 12.03.2022. Рукопись одобрена: 20.04.2022. Статья опубликована онлайн: 23.05.2022.

© Семенов С.Ю., Проценко Я.Н., Баиндурашвили А.Г., Брайлов С.А., Семенова Е.С., Труфанов Г.Е., 2022



## Radiometric Parameters of the Forearm in Traumatic Instability of the Distal Radioulnar Joint in Children

Sergey Yu. Semenov<sup>1</sup>, Yaroslav N. Proshchenko<sup>1</sup>, Aleksey G. Baidurashvili<sup>1</sup>, Sergey A. Braylov<sup>1</sup>, Elena S. Semenova<sup>2,3</sup>, Gennady E. Trufanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup> St. Petersburg Childrens Municipal Multi-Specialty Clinical Center of High Medical Technology named after K.A. Rauhfus, St. Petersburg, Russia

**Background.** At present, the literature describes in sufficient detail the use of various methods of X-ray examination of the bones of the forearm in the diagnosis of distal radioulnar joint instability (DRUJI), but there are no data on radiometric parameters for DRUJI of traumatic origin in children. Quantitative diagnostics becomes mandatory for determining the tactics of treating DRUJI of traumatic origin in children.

**The purpose of study** – to analyze the radiometric parameters of the distal forearm in case of DRUJI of traumatic origin in children to plan the method of surgical treatment.

**Methods.** The paper presents an analysis of the results of X-ray examination of 23 children with instability of the distal radioulnar joint of traumatic origin aged 9 to 17 years (mean age – 14.21±2.5 years) – the main group. For comparison, radiographs of the contralateral forearms of the same patients were analyzed – the comparison group (23 children), and radiographs of the forearm of 69 pediatric patients without signs of DRUJI (control group). On radiographs in the anteroposterior and lateral projections, the following radiometric parameters were evaluated: radioulnar and volar angles, radioulnar index, radioulnar distance, and the difference between the radioulnar distances of both forearms.

**Results.** In 19 patients of the main group, a «positive variant» of the radioulnar index with dislocation of the head of the ulna was revealed, while the indicators of the radioulnar and volar angle were characterized by variability in values. The average values of radiometric parameters of DRUJI in children without bone-traumatic changes of the forearm are comparable to normal values in adults.

**Conclusions.** In children with DRUJI of traumatic origin, various changes were revealed radiometric indicators of the distal parts of the bones of the forearm, which depend on the type of forearm fracture. In a particular pediatric patient with DRUJI of traumatic origin, these indicators reflect the biomechanical features of the wrist joint, which must be taken into account when planning surgical intervention and predicting the recovery of the anatomy and function of the forearm.

**Keywords:** distal radioulnar joint, children, instability, trauma, radiography.

---

**Cite as:** Semenov S.Yu., Proshchenko Ya.N., Baidurashvili A.G., Braylov S.A., Semenova E.S., Trufanov G.E. [Radiometric Parameters of the Forearm in Traumatic Instability of the Distal Radioulnar Joint in Children]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):67-78. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1753>.

✉ Sergey Yu. Semenov; e-mail: sergey2810@yandex.ru

Submitted: 12.03.2022. Accepted: 20.04.2022. Published Online: 23.05.2022.

© Semenov S.Yu., Proshchenko Ya.N., Baidurashvili A.G., Braylov S.A., Semenova E.S., Trufanov G.E., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Переломы дистальных отделов костей предплечья являются одной из наиболее частых причин, приводящих к развитию посттравматической нестабильности дистального лучелоктевого сустава (ДЛЛС) [1, 2, 3, 4]. До завершения процесса окостенения при травматическом повреждении происходит смещение дистального эпифиза лучевой и/или локтевой кости по ростковой зоне по отношению к метафизу, что связано с большей эластичностью и прочностью капсульно-связочного аппарата по сравнению с ростковым хрящом [5].

При переломах костей предплечья в дистальной трети у детей младшей возрастной группы отмечен наибольший потенциал ремоделирования остаточной деформации. Это определяет различные значения допустимого смещения в зависимости от возраста пациента и локализации перелома [6]. Значения этих параметров являются спорными и широко варьируют в литературе [7]. Критический возраст, в котором можно ожидать лишь небольшой корригирующий потенциал, составляет от 9 до 12 лет. При неточном прогнозировании этого потенциала парциальное ремоделирование может привести к неправильной консолидации перелома с формированием деформации [8]. Неправильно консолидированный перелом одной или обеих костей предплечья вызывает нарушение соотношения костных структур в дистальном лучелоктевом сочленении, в результате чего возникает ограничение ротации предплечья [1, 3, 4]. Тем не менее мягкотканые стабилизаторы ДЛЛС обладают определенной эластичностью, которая может компенсировать остаточное смещение лучевой кости в дистальной трети. Однако после повторной незначительной травмы функция стабилизаторов становится недостаточной, в результате чего возникает подвывих или вывих головки локтевой кости в ДЛЛС.

При одном и том же механизме повреждения у подростков, достигших костной зрелости, и у взрослых пациентов возникает перелом дистального отдела лучевой кости в сочетании с травматическим вывихом головки локтевой кости в ДЛЛС в результате повреждения мягкотканых стабилизаторов сустава (переломовывих Галеацци). Для выявления таких травм и минимизации любых нарушений роста лучевой и локтевой костей необходима точная оценка повреждений [9].

Клинически нестабильность ДЛЛС травматического генеза определяется при наличии в анамнезе травмы, в том числе переломов костей предплечья, болевого синдрома в области кистевого сустава, подвывиха или вывиха головки локтевой

кости и ограничения ротационной функции предплечья [10]. При обследовании пациентов с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза проводят диагностические тесты — «стресс-тест» и «пресс-тест» [4, 11, 12].

Основным методом лучевой диагностики при нестабильности ДЛЛС травматического генеза у детей является стандартная рентгенография костей предплечья с захватом локтевых суставов и кистей в двух проекциях [2, 13]. У взрослых пациентов для объективизации полученных рентгенологических данных при нестабильности ДЛЛС травматического генеза на рентгенограммах оцениваются лучелоктевой угол, волярная инклинация лучевой кости, лучелоктевой индекс и радикулярное расстояние [14].

В настоящее время в литературе отсутствуют сведения о рентгенометрических параметрах дистальных структур костей предплечья у детей с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза, а также об анатомо-физиологических особенностях костей предплечья в период роста.

*Цель исследования* — оценить рентгенометрические показатели костей предплечья при нестабильности дистального лучелоктевого сустава травматического генеза у детей для планирования хирургического лечения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проспективно-ретроспективное когортное исследование выполнено на основании рентгенологического обследования 23 детей (11 мальчиков и 12 девочек) с травматической нестабильностью в ДЛЛС, проходивших обследование и лечение в ФГБУ «НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера» Минздрава России в период с 2009 по 2021 г. Эти пациенты составили основную группу исследования.

Критериям включения в основную группу соответствовали пациенты в возрасте до 18 лет с нестабильностью ДЛЛС после переломов костей предплечья. Из исследования исключались пациенты детского возраста с нестабильностью ДЛЛС нетравматического генеза (врожденный, инфекционный или опухолевый характер).

Возраст обследованных пациентов составил 9–17 лет (средний возраст —  $14,2 \pm 2,5$  лет). У всех пациентов в анамнезе имелись травматические повреждения дистальных отделов предплечья. Пациенты жаловались на боль в кистевом суставе при движениях и/или физической нагрузке. При клиническом осмотре были выявлены следующие признаки: подвывих/вывих головки локтевой кости, ограничение ротационной функции предплечья.

Для сравнения полученных рентгенологических параметров были проанализированы аналогичные рентгенометрические показатели контралатеральных предплечий тех же 23 пациентов, которые составили группу сравнения.

В группе контроля были проанализированы рентгенограммы в прямой (передне-задней) и боковой проекциях 69 пациентов, которым выполняли исследования в 2021 г. в по различным причинам, в том числе при подозрении на травматические повреждения костей предплечья. Возраст

обследованных составил также от 9 до 17 лет (средний —  $13,7 \pm 2,5$  лет).

К 12 годам полностью завершается процесс окостенения головки локтевой кости, заканчивается развитие запястной суставной поверхности лучевой кости, что позволяет оценить все рентгенометрические показатели анатомического строения данного отдела костно-суставной системы [15, 16]. Учитывая возрастные особенности строения кистевого сустава, все группы исследования были разделены на подгруппы (рис. 1).

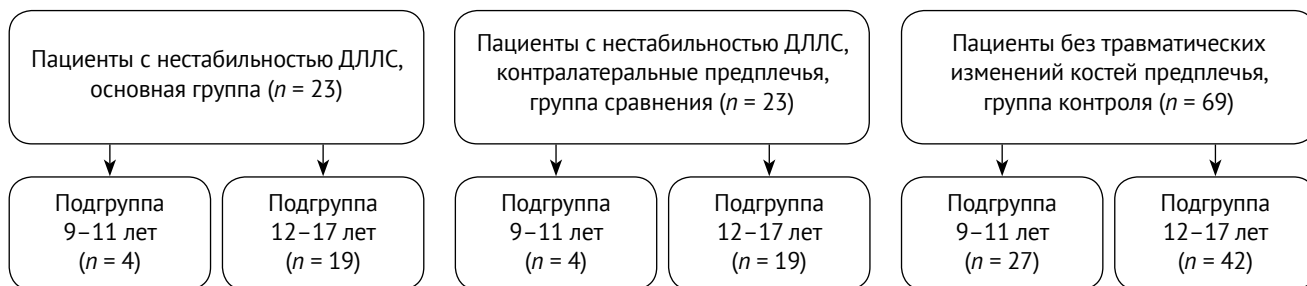


Рис. 1. Дизайн исследования

Fig. 1. Study flowchart

### Техника исследования

Рентгенографию выполняли на рентгенодиагностических аппаратах фирмы Philips на базе ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России и на аппарате Samsung в ДГМКЦ ВМТ им. К.А. Раухфуса с получением снимков в передне-задней и боковой проекциях. В основной группе пациентов дополнительно выполняли функциональные рентгенограммы кистевого сустава с нестабильностью в положении вывиха головки локтевой кости.

Были проанализированы цифровые и аналоговые рентгеновские изображения и определены линейные показатели с помощью измерительных инструментов в программах Sectra версия 16.2.4.2112 и Radiant DICOM Viewer версия 2021.1, канцелярской линейки и транспортира.

Изображения в прямой проекции получали при положении пациента сидя или стоя лицом к столу. Предплечье было согнуто в локтевом суставе до 90°, кисть и предплечье прилежали к столу ладонной поверхностью, оси II–V пальцев являлись продолжением оси предплечья. Рентгеновскую трубку центрировали на уровне головки локтевой кости (проекция лучезапястного сустава) с фокусным расстоянием до сустава 100 см перпендикулярно длинной оси предплечья.

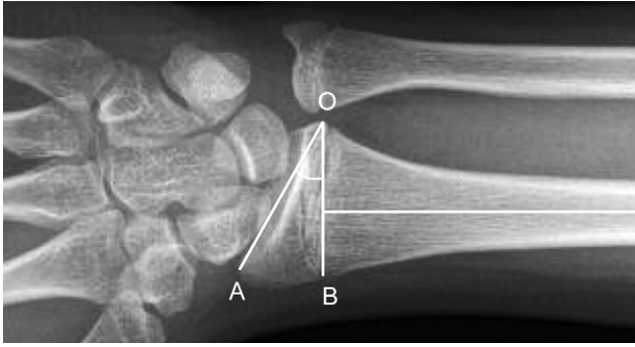
При рентгенографии в боковой проекции ребенок находился боком к столу в положении сидя

или лицом к столу в положении стоя. Предплечье и кисть прилежали к столу ульнарной поверхностью. Центрацию пучка рентгеновского излучения и фокусное расстояние устанавливали так же, как при выполнении рентгенографии в передне-задней проекции [17].

Функциональное рентгенологическое исследование в положении вывиха локтевой кости выполняли при таком же положении конечностей ребенка, как и для боковой проекции. Различие заключалось в том, что предплечье укладывали в положении пронации или супинации в зависимости от направления вывиха.

При анализе рентгенограмм вычисляли параметры, характеризующие пространственное положение дистальных отделов костей предплечья:

1. *Лучелоктевой угол* (инклинация лучевой кости во фронтальной плоскости) образуется двумя пересекающимися линиями — линией, перпендикулярной длинной оси лучевой кости, и линией, проведенной от вершины шиловидного отростка лучевой кости к локтевому краю суставной поверхности лучевой кости; измеряется на изображениях в прямой проекции (рис. 2). По данным литературы, его величина варьирует от 13 до 30° и составляет в среднем 22–24° [17]. Разброс значений в большей степени обусловлен выбором для измерения поверхностей лучевой кости — тыльной или ладонной.



**Рис. 2.** Рентгенограмма лучезапястного сустава в прямой проекции. Лучелоктевой угол ( $\angle AOB$ ) образован линией BO, перпендикулярной длинной оси лучевой кости, и линией AO, проведенной от вершины шиловидного отростка лучевой кости к локтевому краю суставной поверхности лучевой кости

**Fig. 2.** X-ray of the wrist joint in direct projection. The radioulnar angle ( $\angle AOB$ ) is formed by line BO, perpendicular to the long axis of the radius, and line AO, drawn from the apex of the styloid process of the radius to the ulnar edge of the articular surface of the radius

2. *Волярный угол* (инклинация лучевой кости в сагиттальной плоскости) измеряется на боковых рентгенограммах, этот угол образован двумя линиями: линией, перпендикулярной длинной оси лучевой кости, и линией, проведенной между двумя краями (тыльным и ладонным) суставной поверхности лучевой кости (рис. 3а). По данным литературы, этот показатель в норме составляет  $10\text{--}12^\circ$  [3, 18].

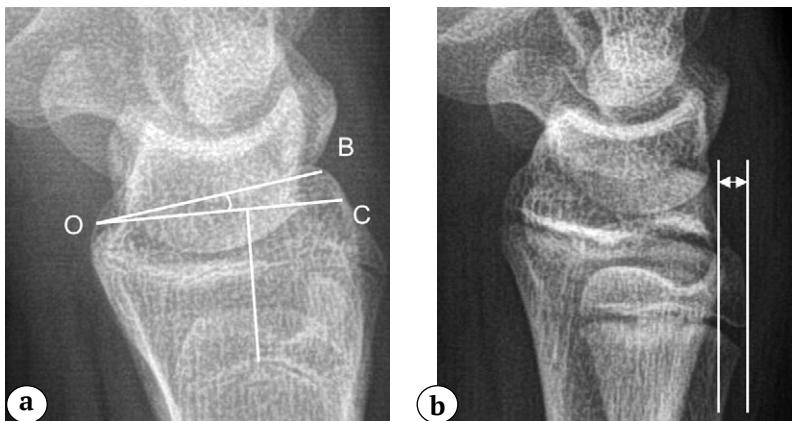
3. *Радиоульнарное расстояние* — расстояние между дорсальными контурами эпифизов лучевой и локтевой костей на рентгенограммах в боковой проекции. Измеряется в миллиметрах, по данным литературы, во взрослой популяции составляет в среднем  $-2\text{...}+17$  мм [19]. Отрицательное значение радиоульнарного расстояния означает, что локтевая кость расположена дорсальнее лучевой кости (рис. 3б).

4. *Лучелоктевой индекс* позволяет соотнести величину длины локтевой и лучевой костей на рентгенограммах в прямой проекции; измеря-

ется как расстояние между двумя линиями, проведенными параллельно: одна вдоль суставной поверхности локтевой кости, вторая — на уровне проксимальной поверхности сигмовидной вырезки лучевой кости на изображениях во фронтальной плоскости (рис. 4). В среднем этот показатель составляет от  $-2,5$  до  $+3,1$  мм [14].

Используют следующие термины: *ноль-вариант* (нейтральный вариант) — уровни дистальных суставных поверхностей лучевой и локтевой костей совпадают; *положительный вариант*, или «ульна-плюс» — суставная поверхность локтевой кости расположена дистальнее лучевой кости, *отрицательный вариант*, или «ульна-минус» — суставная поверхность локтевой кости расположена проксимальнее лучевой кости.

У детей 9–11 лет мы использовали способ измерения лучелоктевого индекса по Hafner [20], а у детей старшей возрастной группы (12–17 лет) измерение проводили как во взрослой популяции (рис. 5).



**Рис. 3.** Рентгенограммы лучезапястного сустава в боковой проекции: а — волярный угол ( $\angle BOC$ ) образован линией CO, перпендикулярной длинной оси лучевой кости, и линией BO, соединяющей два края (тыльный и ладонный) суставной поверхности лучевой кости; б — радиоульнарное расстояние между дорсальными контурами эпифизов лучевой и локтевой костей

**Fig. 3.** X-ray of the wrist joint in lateral projection: а — volar angle ( $\angle BOC$ ) formed by line CO, perpendicular to the long axis of the radius, and line BO, connecting the two edges (dorsal and volar) of the articular surface of the radius; б — radioulnar distance between the dorsal contours of the epiphyses of the radius and ulna





**Рис. 4.** Рентгенограммы лучезапястного сустава в прямой проекции.

Лучелоктевой индекс — соотношение величин длины локтевой и лучевой костей:

- a — отрицательный вариант индекса (вариант нормы);
- b — нейтральный вариант индекса (вариант нормы);
- c — положительный вариант индекса

**Fig. 4.** X-ray of the wrist joint in direct projection. Radioulnar index — the ratio of the lengths of the ulna and radius:

- a — the negative version of the index (normal version);
- b — neutral variant of the index (norm variant);
- c — positive version of the index



**Рис. 5.** Рентгенограммы лучезапястного сустава в прямой проекции. Лучелоктевой индекс (измерение по Hafner):

- a — расстояние от наиболее проксимальной точки метафиза локтевой кости до наиболее проксимальной точки метафиза лучевой кости;
- b — расстояние от наиболее дистальной точки метафиза локтевой кости до наиболее дистальной точки метафиза лучевой кости

**Fig. 5.** X-ray of the wrist joint in direct projection. Radial-ulnar index (measurement according to Hafner):

- a — distance from the most proximal point of the metaphysis of the ulna to the most proximal point of the metaphysis of the radius;
- b — distance from the most distal point of the metaphysis of the ulna to the most distal point of the metaphysis of the radius

### Статистический анализ

Статистическую обработку полученных результатов исследования проводили в программах Microsoft Office Excel 2019 и SPSS Statistics v.23. С помощью описательной статистики рассчитывали средние арифметические величины (M), стандартные отклонения ( $\sigma$ ), медиану (Me) с 25-м и 75-м процентилем (Q1; Q3). Различия оценивали, используя непараметрический критерий Манна–Уитни.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов с нестабильностью ДЛС травматического генеза в анамнезе были различные типы повреждений дистальных структур предплечья, вследствие чего рентгенометрические показатели характеризовались выраженной вариабельностью значений из-за различных видов посттравматической деформации дистальных эпиметафизов лучевой и локтевой костей.

В таблице 1 представлены рентгенометрические показатели структур дистального лучелокте-

вого сустава у детей группы контроля, группы сравнения и средние значения этих же показателей во взрослой популяции по данным литературы.

Были определены межгрупповые различия по лучелоктевому углу, волярному углу, лучелоктевому индексу и радиоульнарному расстоянию с использованием U-критерия Манна–Уитни в группах сравнения и контроля.

Лучелоктевой угол в группе контроля статистически значимо увеличивался с возрастом ( $p < 0,001$  9–11 лет vs 12–17 лет). Возрастное увеличение данного показателя в группе сравнения имело характер тенденции ( $p > 0,05$ ). Статистически значимых отличий между группой сравнения и контрольной группой в рамках возрастных групп не выявлено (рис. 6).

Анализ волярного угла показал, что с возрастом наблюдается незначительное увеличение этого показателя в группах контроля и сравнения, не достигающее статистической значимости. У пациентов в возрасте 12–17 лет наблюдалось статистически значимое снижение данного показателя в группе сравнения по сравнению с группой контроля ( $p < 0,01$ ) (рис. 7).

В нашем исследовании у всех 69 пациентов группы контроля были определены стандартные значения радиоульнарного расстояния. Разница

между радиоульнарным расстоянием в обеих конечностях была определена только у 8 пациентов группы контроля в связи с недостаточностью клинического материала (отсутствие боковых рентгенограмм обеих конечностей у 61 пациента).

Статистически значимых различий между группами контроля и сравнения по лучелоктевому индексу и радиоульнарному расстоянию выявлено не было (рис. 8).

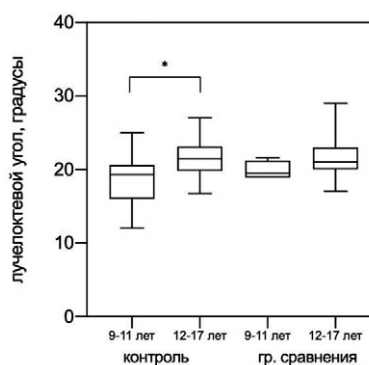


Рис. 6. Диаграммы размаха: лучелоктевой угол. Данные представлены в виде min-max. \* —  $p < 0,001$

Fig. 6. Box plot: radioulnar angle. Data are presented as min-max. \* —  $p < 0.001$

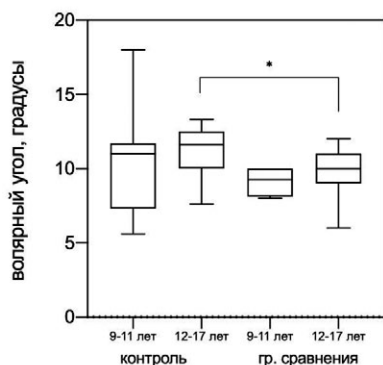
Таблица 1

**Средние значения рентгенометрических показателей дистальных отделов костей предплечья у здоровых пациентов детского возраста (группа контроля), контралатеральных предплечий пациентов с нестабильностью ДЛС (группа сравнения) и во взрослой популяции**

Показатель	Взрослые пациенты (по данным литературы) [18, 24]	Группа сравнения (n = 23)		Группа контроля (n = 69)	
		9–11 лет (n = 4) M±σ/Me*	12–17 лет (n = 19) M±σ/Me (Q1; Q3)	9–11 лет (n = 27) M±σ/Me (Q1; Q3)	12–17 лет (n = 42) M±σ/Me (Q1; Q3)
Лучелоктевой угол, град.	22–24	20,73±2,89/19,50	21,63±2,79/ 21,00 (20,00; 23,00)	18,69±3,30/ 19,3 (16,0; 20,6)	21,41±2,29/ 21,45(19,80; 23,10)
Волярный угол, град.	10–12	9,25±1,03/9,25	9,79±1,79/ 10,00 (9,00; 11,00)	10,30±3,09/ 11,00 (7,30; 11,70)	11,21±1,52/ 11,00 (7,30; 11,70)
Радиоульнарное расстояние, мм	-2...+17	-1,32±2,19/-1,30	-2,23±3,57/ -2,40 (-5,20; 2,00)	-2,45±3,40/ -2,90 (-4,70; 0,90)	-2,65±3,86/ -2,95 (-5,40; 0)
Лучелоктевой индекс, мм	-2,5...+3,1	1,08±1,99/1,95	1,25±1,86/ 1,5 (0; 2,5)	-0,19±1,09/ 0 (-0,82; 0)	-0,13±1,25/0 (0; 0)
Разница между радиоульнарными расстояниями в обеих конечностях, мм	2,0±1,7	–	–	2,09±1,67/1,75**	1,42±0,53/1,25**

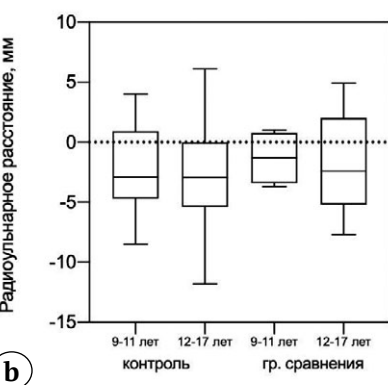
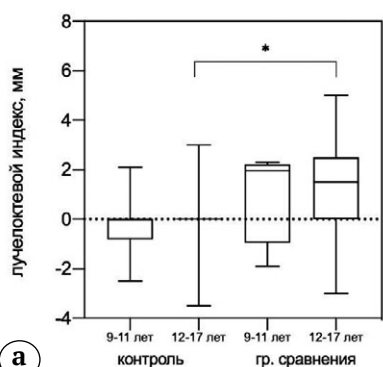
\* Квартильный интервал в этой графе не указан по причине малой выборки этой возрастной группы.

\*\* Произведен подсчет у 4 пациентов из подгруппы контроля в возрасте 9–11 лет и у 4 пациентов из подгруппы в возрасте 12–17 лет.



**Рис. 7.** Диаграммы размаха: волярный угол. Данные представлены в виде min-max. \* –  $p < 0,01$

**Fig. 7.** Box plot: volary angle. Data are presented as min-max. \* –  $p < 0.01$



**Рис. 8.** Диаграммы размаха: а – лучелоктевой индекс; б – радиоульнарное расстояние. Данные представлены в виде min-max

**Fig. 8.** Box plots: а – radioulnar index; б – radioulnar distance. Data are presented as min-max

Следует отметить, что в нашем исследовании при измерении лучелоктевого угла и волярного угла у пациентов в возрасте 9–11 лет возникали сложности, обусловленные не полностью сформированной костной моделью эпифиза лучевой кости. Показатели разницы между радиоульнар-

ными расстояниями в обеих конечностях у 4 детей из группы контроля соответствуют показателям у взрослых.

В нашем исследовании у большинства пациентов с нестабильностью ДЛЛС величина лучелоктевого угла была изменена: у 5 пациентов наблюдалось его уменьшение, у 15 – увеличение, у 3 пациентов этот рентгенометрический показатель был в пределах тех значений, которые были получены при анализе контралатерального предплечья (группы сравнения) и здоровых конечностей у пациентов из группы контроля (табл. 2).

У большинства пациентов (18 или 78,3%) наблюдалось уменьшение волярного угла, в том числе с наличием отрицательных значений, что говорит о тыльной инклинации дистальной суставной поверхности лучевой кости вследствие посттравматической деформации. У 2 (8,7%) пациентов не было выявлено изменения величины волярного угла, у 3 (13%) детей величина этого рентгенометрического показателя была больше средних значений пациентов из группы контроля и сравнения – увеличение ладонной инклинации суставной поверхности лучевой кости (табл. 3).

Измерение величины лучелоктевого индекса (ЛЛИ) позволило установить, что положительный

Таблица 2

**Величина лучелоктевого угла у пациентов с нестабильностью дистального лучелоктевого сустава травматического генеза**

Кол-во пациентов	Величина лучелоктевого угла, град.
2	8–12
3	13–17
3	18–22
4	23–24
8	25–29
3	30–45

Таблица 3

**Величина волярного угла у пациентов с нестабильностью дистального лучелоктевого сустава травматического генеза**

Кол-во пациентов	Величина волярного угла, град.
7	-18,7...0
6	1,0–5,0
5	6,0–9,0
2	10,0–12,0
3	13,0–18,5

вариант преобладал над нейтральным и отрицательным. Положительный ЛЛИ в группе сравнения и контрольной группе находится в пределах референсных значений, в то время как в группе с травматической нестабильностью ДЛЛС этот показатель выходит за пределы нормальных значений (более 3,1 мм).

У 2 (8,7%) детей был выявлен ноль-вариант, еще у 2 (8,7%) пациентов — отрицательный вариант без уменьшения показателя ЛЛИ в сравнении со здоровыми детьми.

При анализе стандартных показателей радиоульнарного расстояния в пораженных конечностях у детей с нестабильностью ДЛЛС у 18 (78,3%) были выявлены отрицательные значения этого параметра: диапазон от -4,2 до -12,8 мм; у 5 (21,7%) детей — положительные значения, которые колебались от 2 до 12 мм.

При оценке разницы между радиоульнарными расстояниями в обеих конечностях были получены следующие данные: увеличение значения у 15 (65,2%) пациентов с диапазоном изменений от 4,7 до 12,7 мм, у 8 (34,8%) детей этот показатель был в пределах нормы.

Полученные результаты, учитывая преобладание отрицательных значений стандартного показателя радиоульнарного расстояния у большинства детей с нестабильностью ДЛЛС, свидетельствуют о преобладании тыльного вывиха головки локтевой кости, что сопоставимо с данными клинического обследования.

Проведение рентгенофункционального исследования (рентгенография в положении вывиха головки локтевой кости) позволило проанализировать изменение положения локтевой кости в случае клинически выявляемого подвывиха/вывиха головки локтевой кости, в то время как на стандартных рентгенограммах в боковой проекции мы не выявили значимых изменений радиоульнарного расстояния в пораженной конечности (рис. 9).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Клиническое обследование имеет первостепенное значение для функциональной оценки ДЛЛС и его стабильности. Вместе с тем рентгенологическое исследование с определением рентгенометрических показателей является самым объективным методом определения взаимоотношения костных структур ДЛЛС. По мнению многих авторов, изменение любого рентгенометрического показателя может привести к изменению функционального состояния кистевого сустава и кисти [18, 21, 22].

По данным литературы, уменьшение показателей лучелоктевого угла определяется у пациентов с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости, при этом может возникнуть лучевая девиация кисти с формированием ограничения амплитуды движений в кистевом суставе [18, 23].

Изменение показателя волярного угла у пациентов с нестабильностью ДЛЛС травматического генеза обусловлено деформацией дистального эпиметафиза лучевой кости. По данным R.J. Medoff и S.M. Koehler, изменение волярного угла у взрослых пациентов приводит к нарушению конгруэнтности дистальных суставных поверхностей костей предплечья и, следовательно, к нестабильности в ДЛЛС с уменьшением амплитуды ротационных движений, преимущественно супинации предплечья, а также ограничению тыльного и ладонного сгибания кисти [18].

В норме 80% осевой нагрузки в кистевом суставе приходится на лучевую кость и 20% — на локтевую. Распределение нагрузки изменяется в зависимости от взаиморасположения дистальных отделов лучевой и локтевой костей [24]. Однако по мере увеличения положительного варианта лучелоктевого индекса возрастает нагрузка на дистальный отдел локтевой кости, что приводит к импиджмент-синдрому локтевой кости с костями запястья (полулунной и трехгранной), а также к ущемлению, истончению и дегенерации треугольного фиброзно-хрящевого комплекса



**Рис. 9.** Рентгенограммы лучезапястного сустава пациента 13 лет с диагнозом «посттравматический вывих головки локтевой кисти, нестабильность дистального лучелоктевого сустава»:

а — боковая проекция;  
 б — рентгенофункциональное исследование в положении вывиха головки локтевой кости (волярный тип)

**Fig. 9.** X-ray of the wrist joint of a 13-year-old patient with a diagnosis of posttraumatic dislocation of the ulnar head. Instability of the distal radioulnar joint:  
 a — lateral projection;  
 b — X-ray functional examination in the position of dislocation of the head of the ulna (volar type)

[25, 26, 27]. Противоположный вариант, когда происходит уменьшение лучелоктевого индекса, приводит к снижению нагрузки на локтевую кость, увеличивая ее на «лучевую» сторону. У таких пациентов формируется локтевая девиация кисти и возникает болевой синдром из-за дисконгруэнтности головки локтевой кости с лучевой костью проксимальнее уровня ее сигмовидной вырезки с последующим снижением силы кулачного хвата [28]. Оба варианта изменения лучелоктевого индекса в конечном итоге ведут к ограничению пронационно-супинационной функции предплечья и раннему формированию артроза кистевого сустава [2].

R. Hafner с соавторами предложили метод определения лучелоктевого индекса у детей в возрасте от 1,5 до 15 лет путем измерения расстояния между наиболее проксимальными и наиболее дистальными точками зон роста дистальных отделов костей предплечья. Данный метод измерения является идеальным для детей без окостенения эпифиза, но имеет ограничения у детей старшей возрастной группы [20].

C.A. Goldfarb с соавторами утверждают, что метод измерения лучелоктевого индекса у подростков старше 12 лет с помощью стандартной методики, используемой для взрослых, является точным и надежным, а средние показания приближены к значениям у взрослых пациентов [29].

Клиническое обследование для определения вывиха головки локтевой кости имеет первостепенное значение при оценке ДЛЛС у пациентов с нестабильностью травматического генеза. Измерение радиоульнарного расстояния у пациентов с нестабильностью ДЛЛС позволяет подтвердить тяжесть патологических изменений в ДЛЛС. Однако исследование R. Nakamura с соавторами показало, что более точной оценкой радиоульнарного расстояния является сравнение этого показателя обеих конечностей у одного пациента, чем использование одного стандартного значения. В среднем разница между радиоульнарными расстояниями на обеих конечностях составляет  $2,0 \pm 1,7$  мм. Авторы указывают на необходимость максимально точного положения предплечья в боковой проекции, для чего рекомендуют использовать специальные удерживающие приспособления, фиксирующие кисть [19].

D. Mino с соавторами еще в 1983 г. впервые сообщил о важности выполнения рентгенографии лучезапястного сустава в боковой проекции для

выявления вывиха или подвывиха головки локтевой кости, сделав акцент на необходимости точного позиционирования предплечья для выполнения этой проекции. Однако авторы подчеркнули, что правильное положение конечности для получения изображений в боковой проекции не всегда возможно осуществить, в том числе из-за болевого синдрома [30]. Вероятно, именно по этим причинам диапазон показателя радиоульнарного расстояния очень variabelен у разных авторов. Таким образом, измерение радиоульнарного расстояния у пациентов с нестабильностью ДЛЛС лишь в пораженной конечности не может быть использовано для оценки тяжести изменений. Стоит согласиться с рекомендациями F. Schachinger с соавторами, которые указывают на необходимость расчета именно разницы между радиоульнарными расстояниями в двух конечностях [31].

Для объективизации клинически выявленного вывиха в ДЛЛС пациентам детского возраста необходимо выполнять рентгенофункциональное исследование костей предплечья в положении вывиха головки локтевой кости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ рентгенометрических показателей дистальных структур костей предплечья без травматических изменений у пациентов детского возраста позволил сделать выводы о сопоставимости значений со взрослой популяцией, за исключением показателей радиоульнарного угла у детей в группе 9–11 лет, что связано с анатомическими особенностями формы эпифиза у пациентов данной возрастной группы. Рентгенометрическая диагностика нестабильности ДЛЛС травматического генеза позволяет обеспечить объективную оценку структурных изменений с учетом этиопатогенеза заболевания. Описанные рентгенометрические параметры необходимо использовать при планировании хирургического лечения. Знание анатомо-физиологических, клинических и рентгенологических особенностей дистальных структур костей предплечья при нестабильности ДЛЛС травматического генеза у детей является основой правильной рентгенодиагностики. Взаимодействие рентгенолога и травматолога-ортопеда играет решающую роль для корректной интерпретации показателей рентгенологического исследования, которые необходимо оценивать в совокупности с клиническими результатами.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

Семенов С.Ю. — сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

Semenov S.Yu. — collection, analysis and interpretation of data, description of the article.



Проценко Я.Н. — концепция и дизайн исследования, редактирование статьи.

Баиндурашвили А.Г. — редактирование статьи.

Брайлов С.А. — сбор и обработка данных.

Семенова Е.С. — обработка данных, подготовка и написание текста статьи.

Труфанов Г.Е. — редактирование 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.

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

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Законные представители пациентов дали письменное добровольное согласие на участие в исследовании и публикацию клинических наблюдений.

Proshchenko Ya.N. — research concept and design, text editing.

Baindurashvili A.G. — text editing.

Braylov S.A. — data selection and processing.

Semenova E.S. — data processing, preparation and writing of the text.

Trufanov G.E. — text editing.

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.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

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

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Проценко Я.Н. Причины развития нестабильности в дистальном лучелоктевом суставе у детей. *Детская хирургия*. 2015;19(1):28-30. Proshchenko Ya.N. [Causes of instability in the distal radioulnar joint in children]. *Detskaya khirurgiya*. [Russian Journal of Pediatric Surgery]. 2015;19(1):28-30. (In Russian).
2. Andersson J.K., Lindau T., Karlsson J., Friden J. Distal radioulnar joint instability in children and adolescents after wrist trauma. *J Hand Surg Eur Vol*. 2014;39(6):653-661. doi: 10.1177/1753193413518707.
3. Zyluk A., Piotuch B. Distal radioulnar joint instability: a review of literature. *Pol Orthop Traumatol*. 2013;78:77-84.
4. Zimmerman R.M., Jupiter J.B. Instability of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Eur Vol*. 2014;39(7):727-738. doi: 10.1177/1753193414527052.
5. Little J.T., Klionsky N.B., Chaturvedi A., Soral A., Chaturvedi A. Pediatric Distal Forearm and Wrist Injury: An Imaging Review. *Radiographics*. 2014;34(2):472-490. doi: 10.1148/rg.342135073.
6. Fitoussi F. [Hand injuries in children]. *Chir Main*. 2013;32 Suppl 1:2-6. doi: 10.1016/j.main.2013.02.017. (In French).
7. Widnall J., Bruce C. Paediatric forearm fractures. *Orthopaedics and Trauma*. 2018;32(5):372-377. doi: 10.1016/j.mporth.2018.07.016.
8. Miller A., Lightdale-Miric N., Eismann E., Eismann E., Carr P., Little J.K. Outcomes of Isolated Radial Osteotomy for Volar Distal Radioulnar Joint Instability Following Radial Malunion in Children. *J Hand Surg Am*. 2018;43(1):81.e1-81.e8. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.07.012.
9. Cha S.M., Shin H.D., Jeon J.H. Long-term results of Galeazzi-equivalent injuries in adolescents—open reduction and internal fixation of the ulna. *J Pediatr Orthop B*. 2016;25(2):174-182. doi: 10.1097/BPB.0000000000000259.
10. Wijffels M., Brink P., Schipper I. Clinical and non-clinical aspects of distal radioulnar joint instability. *Open Orthop J*. 2012;6:204-210. doi: 10.2174/1874325001206010204.

11. Lester B., Halbrecht J., Levy I.M., Gaudinez R. “Press test” for office diagnosis of triangular fibrocartilage complex tears of the wrist. *Ann Plast Surg*. 1995;35(1):41-45. doi: 10.1097/0000637-199507000-00009.
12. Moriya T., Aoki M., Iba K., Ozasa Y., Wada T., Yamashiya T. Effect of triangular ligament tears on distal radioulnar joint instability and evaluation of three clinical tests: a biomechanical study. *J Hand Surg Eur Vol*. 2009;34(2):219-223. doi: 10.1177/1753193408098482.
13. Кадубовская Е.А. Современные возможности лучевой диагностики повреждений связок области лучезапястного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2010;16(4):93-101. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-4-93-101. Kadubovskaya EA. [The modern capabilities of X-ray diagnostics of wrist ligament injuries (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;16(4):93-101. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-4-93-101. (In Russian).
14. Комаровский В.М., Кезля О.П. Количественная оценка рентгенологических показателей степени повреждений при переломах дистального метаэпифиза лучевой кости. *Экстренная медицина*. 2014;2(10):65-74. Komarovskiy V., Keslya O. [Quantitative radiographic evaluation of injury severity for distal radius fractures]. *Ekstrennaya meditsina* [Emergency Medicine]. 2014;2(10):65-74. (In Russian).
15. Садофьева В.И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы у детей. Ленинград: Медицина; 1990. с. 53-58. Sadof'eva V.I. *Normal'naya rentgenoanatomiya kostno-sustavnoi sistemy u detei*. Leningrad: Meditsina; 1990. p. 53-58.
16. Хисамутдинова А.Р., Карелина Н.Р. Остеогенез костей предплечья и кисти как надежный критерий определения биологического возраста. *Russian Biomedical Research. Российские биомедицинские исследования*. 2017;2(4):42-47.

- Hisamutdinova A.R., Karelina N.R. [Osteogenesis of forearm and hand – a valid criterion for determining biological age]. *Russian Biomedical Research. Rossiiskie biomeditsinskie issledovaniya*. 2017;2(4):42-47. (In Russian).
17. Кишковский А.Н., Тютин Л.А., Есиновская Г.Н. *Атлас укладок при рентгенологических исследованиях*. Leningrad; 1987. с. 336-345.  
Kishkovskij A.N., Tjutin L.A., Esinovskaja G.N. *Atlas ukladok pri rentgenologicheskikh issledovaniyah*. Leningrad; 1987. p. 336-345. (In Russian).
  18. Medoff R.J., Koehler S.M. Radiographic Parameters of Distal Radius Fractures. In: *Distal radius fractures. Evidence-based management*. Elsevier; 2021. p. 43-50. doi: 10.1016/C2019-0-00481-5.
  19. Nakamura R., Horii E., Imaeda T., Tsunoda K., Nakao E. Distal radioulnar joint subluxation and dislocation diagnosed by standard roentgenography. *Skeletal Radiol*. 1995;24(2):91-94. doi: 10.1007/BF00198067.
  20. Hafner R., Poznanski A.K., Donovan J.M. Ulnar variance in children—standard measurements for evaluation of ulnar shortening in juvenile rheumatoid arthritis, hereditary multiple exostosis and other bone or joint disorders in childhood. *Skeletal Radiol*. 1989;18(7):513-516. doi: 10.1007/BF00351750.
  21. Bronstein A.J., Trumble T.E., Tencer A.F. The effects of distal radius fracture malalignment on forearm rotation: a cadaveric study. *J Hand Surg Am*. 1997;22(2):258-262. doi: 10.1016/S0363-5023(97)80160-8.
  22. Schneiders W., Biewener A., Rammelt S., Rein S., Zwipp H., Amlang M. [Distal radius fracture. Correlation between radiological and functional results]. *Unfallchirurg*. 2006;109(10):837-844. (In German). doi: 10.1007/s00113-006-1156-8.
  23. Köebke J., Fehrmann P., Mockenhaupt J. [Stress on the normal and pathologic wrist joint]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1989;21(3):127-133. (In German).
  24. Baumann U., Schulz R., Reisinger W., Heinecke A., Schmeling A., Schmidt S. Reference study on the time frame for ossification of the distal radius and ulnar epiphyses on the hand radiograph. *Forensic Sci Int*. 2009;191(1-3):15-18. doi: 10.1016/j.forsciint.2009.05.023.
  25. Cerezal L., del Pinal F., Abascak F., Garcia-Valtuille R., Pereda T., Canga A. Imaging findings in ulnar-sided wrist impaction syndromes. *Radiographics*. 2002;22(1):105-121. doi: 10.1148/radiographics.22.1.g02ja01105.
  26. Imaeda T., Nakamura R., Shionoya K., Makino N. Ulnar impaction syndrome MR imaging findings. *Radiology*. 1996;201(2):495-500. doi: 10.1148/radiology.201.28888248.
  27. Abzug J.M., Little K., Kozin S.H. Physeal arrest of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg*. 2014;22(6):381-389. doi: 10.5435/JAAOS-22-06-381.
  28. Palmer A.K., Werner F.W. Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;(187):26-35.
  29. Goldfarb C.A., Strauss N.L., Wall L.B., Calfee R.P. Defining ulnar variance in the adolescent wrist: measurement technique and interobserver reliability. *J Hand Surg Am*. 2011;36(2):272-277. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.11.008.
  30. Mino D.E., Palmer A.K., Levinsohn E.M. The role of radiography and computerized tomography in the diagnosis of subluxation and dislocation of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am*. 1983;8(1):23-31. doi: 10.1016/s0363-5023(83)80046-x.
  31. Schachinger F., Wiener S., Carvalho M.F., Weber M., Ganger R., Farr S. Evaluation of radiological instability signs in the distal radioulnar joint in children and adolescents with arthroscopically-verified TFCC tears. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(7):993-999. doi: 10.1007/s00402-020-03470-y.

#### Сведения об авторах

✉ Семенов Сергей Юрьевич

Адрес: Россия, 196603, г. Санкт-Петербург,  
Парковая ул., д. 64-68

<https://orcid.org/0000-0002-7743-2050>

e-mail: sergey2810@yandex.ru

Проценко Ярослав Николаевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-3328-2070>

e-mail: yar2011@list.ru

Баиндурашвили Алексей Георгиевич — д-р мед. наук,  
профессор, академик РАН

<https://orcid.org/0000-0001-8123-6944>

e-mail: turner01@mail.ru

Брайлов Сергей Александрович

<https://orcid.org/0000-0003-2372-9817>

e-mail: sergeybraylov@mail.ru

Семенова Елена Сергеевна

<https://orcid.org/0000-0002-0302-4724>

e-mail: forteia@yandex.ru

Труфанов Геннадий Евгеньевич — д-р мед. наук,  
профессор

<https://orcid.org/0000-0002-1611-5000>

e-mail: trufanovge@mail.ru

#### Authors' information

✉ Sergey Yu. Semenov

Address: 64-68, Parkovaya str., St. Petersburg, 196603,  
Russia

<https://orcid.org/0000-0002-7743-2050>

e-mail: sergey2810@yandex.ru

Yaroslav N. Proshchenko — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-3328-2070>

e-mail: yar2011@list.ru

Aleksey G. Baindurashvili — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8123-6944>

e-mail: turner01@mail.ru

Sergey A. Braylov

<https://orcid.org/0000-0003-2372-9817>

e-mail: sergeybraylov@mail.ru

Elena S. Semenova

<https://orcid.org/0000-0002-0302-4724>

e-mail: forteia@yandex.ru

Gennady E. Trufanov — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0002-1611-5000>

e-mail: trufanovge@mail.ru



## Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы

И.Г. Беленький<sup>1,2</sup>, В.А. Мануковский<sup>1,3</sup>, А.Н. Тулупов<sup>1</sup>, А.Е. Демко<sup>1</sup>, Д.В. Кандыба<sup>1</sup>,  
Г.Д. Сергеев<sup>1,2</sup>, Б.А. Майоров<sup>2</sup>, И.М. Барсукова<sup>1,4</sup>, Б.О. Аджимурадов<sup>1</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> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Актуальность.** Для выполнения операций остеосинтеза переломов в неотложном порядке необходимо выполнение ряда организационных, материально-технических и кадровых требований.

**Цель исследования** — на основании сравнительного анализа структуры операций остеосинтеза, произведенных в первые сутки после травмы и в более позднее время, а также изучения данных литературы определить преимущества и недостатки существующих стратегий выполнения операций остеосинтеза.

**Материал и методы.** По материалам первичной медицинской документации, операционным журналам и базе рентгенологических исследований определены пациенты, которым в первом полугодии 2021 г. были выполнены операции остеосинтеза в течение первых 24 ч. после поступления в стационар, и пациенты с аналогичной патологией, остеосинтез которым выполнен в отсроченном порядке с определением среднего времени нахождения пациента в стационаре с момента поступления до и после операции, а также средней длительности хирургического вмешательства.

**Результаты.** Всего за первое полугодие 2021 г. было выполнено 266 операций остеосинтеза костей конечностей непосредственно при поступлении в стационар у 260 пациентов. Наиболее часто выполнялся остеосинтез переломов лодыжек (20,7%) и ключицы (13,9%). После выполнения операций остеосинтеза в неотложном порядке случаев ранней инфекции и/или ревизионных операций по причине некачественного выполнения первичного остеосинтеза в период госпитализации не было. За тот же период было выполнено 659 отсроченных операций остеосинтеза. Средний койко-день у пациентов, прооперированных в неотложном порядке, составил  $8,40 \pm 16,67$  дней, в то время как пациенты, перенесшие отсроченное хирургическое вмешательство, находились в стационаре в среднем  $12,98 \pm 6,28$  дней ( $p < 0,05$ ).

**Обсуждение.** Существует три стратегии выполнения операций остеосинтеза: неотложные операции, отсроченные операции в дневное время в плановых операционных и комбинация этих подходов. Операции остеосинтеза в неотложном порядке при определенных повреждениях безопасны в плане качества их выполнения и инфекционных осложнений и имеют право на жизнь. Необходимо четкое определение групп больных в зависимости от характера и локализации перелома, которым целесообразно выполнение подобных операций. Кроме того, внедрение практики выполнения остеосинтеза в неотложном порядке требует проведения серьезных организационных мероприятий. Крайне важно также провести экономическое обоснование целесообразности изложенного подхода. Только после решения всех этих вопросов можно будет сделать окончательные выводы о предпочтительной стратегии выполнения операций остеосинтеза.

**Ключевые слова:** остеосинтез, остеосинтез в неотложном порядке, неотложные операции, плановые операции, отсроченные операции.

Беленький И.Г., Мануковский В.А., Тулупов А.Н., Демко А.Е., Кандыба Д.В., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А., Барсукова И.М., Аджимурадов Б.О. Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):79-90. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1693>.

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

Рукопись получена: 25.10.2021. Рукопись одобрена: 10.03.2022. Статья опубликована онлайн: 30.30.2022.

© Беленький И.Г., Мануковский В.А., Тулупов А.Н., Демко А.Е., Кандыба Д.В., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А., Барсукова И.М., Аджимурадов Б.О., 2022



## Strategies of Osteosynthesis: Problems and Perspectives

Igor' G. Belenkiy<sup>1,2</sup>, Vadim A. Manukovskii<sup>1,3</sup>, Aleksandr N. Tulupov<sup>1</sup>, Andrei E. Demko<sup>1</sup>, Dmitrii V. Kandyba<sup>1</sup>, Gennadii D. Sergeev<sup>1,2</sup>, Boris A. Maiorov<sup>2</sup>, Irina M. Barsukova<sup>1,4</sup>, Bagautdin O. Adzhimuradov<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russia

<sup>4</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

**Background.** Urgent osteosynthesis requires number of organizational, material, technical and staff resources.

**Aim of the study** – to determine advantages and disadvantages of existing strategies for osteosynthesis basing on literature data and comparative analysis of organization of osteosynthesis on the first day after injury and at a later time.

**Methods.** Data were collected through review of medical records from first half of 2021 calendar year and consist of the patients have been treated by different types of osteosynthesis on the first day after admission to the hospital and later. Average length of hospital stay (LOS) for surgical procedures and duration of the operative time were compared.

**Results.** In total 266 osteosynthesis of the extremities immediately after admission to the hospital were performed in the first half of 2021 in 260 patients. The most frequently performed ankle fractures fixation (20.7%) and clavicle fractures surgical repairment (13.9%). Cases of early infections complications and no revision surgeries required due to unstable fixation after urgent osteosynthesis were excluded. In the same period 659 delayed osteosynthesis were performed. Mean value of inpatient day in patients, who underwent urgent surgery, was 8.40±16.67 days, while patients, who underwent delayed surgery, spent significantly greater ( $p<0.05$ ) amount of time in the hospital – 12.98±6.28 days in average.

**Discussion.** Three strategies of osteosynthesis exist: urgent surgeries, delayed surgeries in daytime in operating rooms for planned surgeries and combination of these approaches. Urgent osteosynthesis surgeries do not lead to infectious complications or unstable fixation, what makes them viable option while choosing treatment tactics in case of some injuries. Precise determination of patient groups according to fracture pattern and its localization, that can be operated on in urgent manner, is necessary. Moreover, introduction of urgent osteosynthesis requires serious organizational measures. It is also necessary to perform economical assessment of described approach. Only after solving these questions, it will be possible to make final conclusions about optimal strategy for performing osteosynthesis.

**Keywords:** osteosynthesis, urgent osteosynthesis, urgent surgeries, planned surgeries, delayed surgeries.

---

**Cite as:** Belenkiy I.G., Manukovskii V.A., Tulupov A.N., Demko A.E., Kandyba D.V., Sergeev G.D., Maiorov B.A., Barsukova I.M., Adzhimuradov B.O. [Strategies of Osteosynthesis: Problems and Perspectives]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):79-90. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1693>.

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

Submitted: 25.10.2021. Accepted: 10.03.2022. Published Online: 30.30.2022.

© Belenkiy I.G., Manukovskii V.A., Tulupov A.N., Demko A.E., Kandyba D.V., Sergeev G.D., Maiorov B.A., Barsukova I.M., Adzhimuradov B.O., 2022



## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы оказания специализированной стационарной помощи пациентам травматологического профиля не вызывает сомнений. Так, в частности, в каждом травмоцентре 1-го уровня Санкт-Петербурга только по поводу переломов костей конечностей производится более 800 операций в год. При этом с течением времени при отсутствии значимых изменений в количестве пострадавших, нуждающихся в стационарной помощи, происходит увеличение доли пострадавших с множественными и сочетанными травмами, повышение тяжести политравм, а также увеличение как общей доли открытых переломов длинных костей, так и степени повреждения мягких тканей конечностей [1]. Эти изменения сказываются и на структуре оперативных вмешательств. В частности, анализ структуры операций показывает статистически значимое увеличение доли операций по поводу около- и внутрисуставных переломов в 2010 г. в сравнении с началом первой декады XXI в. При этом увеличилась доля операций малоинвазивного остеосинтеза, что сопровождалось снижением дооперационного койко-дня и, следовательно, общего времени пребывания больного в стационаре после выполнения подобных операций [2].

Теоретически для оптимизации работы травматологического стационара всем пациентам с травмами, нуждающимся в оперативном лечении, операции окончательного остеосинтеза должны быть выполнены непосредственно при поступлении в стационар. Исключение могут составлять только пострадавшие с тяжелыми политравмами, открытыми переломами, высокоэнергетическими около- и внутрисуставными переломами и другими переломами, сопровождающимися значительными закрытыми повреждениями мягких тканей. В подобных случаях целесообразно выполнение первичного внеочагового остеосинтеза аппаратами наружной фиксации [3]. Однако для организации работы в соответствии с этими принципами необходимо соблюдение ряда требований. Во-первых, круглосуточно должна дежурить бригада травматологов, которая физически может сформировать операционную бригаду без ущерба для осуществления приема поступающих в приемно-диагностическое отделение больных. Во-вторых, в этой бригаде круглосуточно должен быть травматолог высокого уровня, который не только может выполнять сложные операции, но и способен принимать решения по поводу тактики лечения и выбора методики остеосинтеза. Кроме того, необходимо наличие круглосуточной травматологической операционной, оснащенной базовым набором инструментария для выполнения травматологических операций, необходимым запасом стерильных расходных материалов для

osteosynthesis and X-ray electron-optical transformer (ЭОП). And, finally, it is necessary to have a night team in the composition of anesthesiologist, medical nurse-anesthetist, operating nurse and sanitary, who will ensure the work of the traumatology team. Consequently, ensuring adequate work of the stationary traumatology service in accordance with modern standards of specialized stationary traumatology care requires significant additional costs of the station for increasing the staff schedule, equipping additional operating rooms and additional purchase of consumables for osteosynthesis. Undoubtedly, this problem has a complex character and cannot be completely solved in a separate stationary unit without a review of the standards of personnel provision and financing of traumatology care in the system of compulsory medical insurance. Nevertheless, experience shows that even in the given conditions it is possible to a certain extent to solve this problem.

Опыт зарубежных стационаров демонстрирует возможности и перспективы экстренной хирургии при грамотной организации процесса оказания экстренной медицинской помощи и четкой маршрутизации пациентов [4, 5, 6, 7, 8]. Однако в подавляющем большинстве отечественных травмоцентров 1-го уровня отсутствуют алгоритмы оказания экстренной травматологической помощи, в частности выполнения неотложных операций остеосинтеза. С другой стороны, возможны как выполнение операций остеосинтеза в отсроченном порядке в плановых операционных в дневное время, так и комбинация неотложных и отсроченных вариантов оперативного лечения переломов.

*Цель исследования* — на основании сравнительного анализа структуры операций остеосинтеза, произведенных в первые сутки после травмы и в более позднее время, а также изучения данных литературы определить преимущества и недостатки существующих стратегий выполнения операций остеосинтеза.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

По данным первичной медицинской документации, операционных журналов и базы рентгенологических исследований НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе определены пациенты, которым в первом полугодии 2021 г. были выполнены операции остеосинтеза в течение первых 24 ч. после поступления в стационар. Оперативные вмешательства выполнялись в противошоковой операционной, оснащенной ортопедическим столом и рентгеновским ЭОП, и в экстренной операционной операционного блока, имеющей хирургический

стол без рентгеновского ЭОП. Соответственно, операции, требовавшие использования ортопедического стола и/или прямого интраоперационного рентгенологического контроля, могли быть выполнены только в противошоковой операционной. Операции были сгруппированы по локализации травм и виду остеосинтеза. Отдельно выделены операции у пострадавших с множественной и сочетанной травмой. По такой же методике определены пациенты с аналогичной патологией, остеосинтез которым за тот же период времени выполнен в отсроченном порядке.

Определяли среднее время нахождения пациента в стационаре с момента поступления до и после операции, а также среднюю длительность хирургического вмешательства, наличие или отсутствие ревизионных операций и ранних инфекционных осложнений остеосинтеза.

### Статистический анализ

Статистическую обработку полученных количественных данных проводили с применением Excel, а также модулей Basic Statistics / Tables пакета программ по статистической обработке данных Statistica for Windows. Определение характера распределения исследуемых данных было произведено с помощью критерия Шапиро–Уилка. При

статистическом анализе изменений изучаемых показателей применяли непараметрический критерий Манна–Уитни. Различия в показателях считали статистически значимыми при значениях  $p < 0,05$ . Анализ частоты встречаемости изучаемых явлений был произведен путем расчета относительных величин, выраженных в процентах. Также с помощью вышеуказанных программ производили расчет средних показателей с вычислением величин их стандартного отклонения, медианы, квартилей, максимальных и минимальных значений.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего за первое полугодие 2021 г. в НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе было выполнено 266 операций остеосинтеза костей конечностей непосредственно при поступлении в стационар у 260 пациентов. В ходе 236 хирургических вмешательств (88,7%) был выполнен внутренний остеосинтез, в остальных 32 случаях (11,3%) было произведено наложение аппарата наружной фиксации. В противошоковой операционной хирургическая стабилизация перелома произведена в 114 случаях, в экстренной операционной — в 152 случаях. Данные по отдельным локализациям и сегментам приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### Количество, тип и место выполнения оперативных вмешательств в неотложном порядке в зависимости от локализации перелома

Сегмент	Остеосинтез	Противошоковая операционная	Экстренная операционная	Всего	
		абс.	абс.	абс.	%
Ключица	Внутренний	1	36	37	13,9
Плечевая кость	Внутренний	6	5	11	4,1
Кости предплечья, включая дистальный метаэпифиз лучевой кости	Внутренний	6	20	26	9,8
Проксимальная часть бедренной кости	Внутренний	16	0	16	6,0
Диафиз и дистальная часть бедренной кости	Внутренний	11	2	13	4,9
	АНФ	4	5	9	3,4
Надколенник	Внутренний	0	2	2	0,8
Кости голени	Внутренний	24	3	27	10,2
	АНФ	5	8	13	4,9
Лодыжки	Внутренний	5	50	55	20,7
Кости стопы	Внутренний	1	2	3	1,1
Кости кисти	Внутренний	6	19	25	9,4
Политравма	Комбинир.	18	0	18	6,8
Таз	Внутренний	8	0	8	3,0
	АНФ	3	0	3	1,1
Всего		114	152	266	100,0

Пациентам, которым операции остеосинтеза были выполнены в противошоковой операционной травмоцентра, операция остеосинтеза выполнялась в среднем через 6 ч. 56 мин.  $\pm$  3 ч. 52 мин. с момента поступления в стационар. Длительность хирургического вмешательства у них составляла в среднем 1 ч. 28 мин.  $\pm$  47 мин. В то же время пациентам с множественной и сочетанной травмой в этой же операционной операции были выполнены в среднем через 3 ч. 20 мин.  $\pm$  1 ч. 43 мин., а их длительность составляла в среднем 1 ч. 24 мин.  $\pm$  51 мин.

Пациенты, которым операции остеосинтеза были выполнены в экстренной операционной операционного блока, с момента поступления до начала операции находились в стационаре в среднем 6 ч. 27 мин.  $\pm$  3 ч. 01 мин. Длительность оперативного вмешательства при этом у данной категории пациентов составила 2 ч. 11 мин.  $\pm$  41 мин.

За изучаемый период операции остеосинтеза при поступлении в стационар выполнены у 18 пострадавших с множественной и сочетанной травмой, одним из компонентов которой являлись переломы костей конечностей. При этом в 14 случаях (77,8%) у пострадавших с тяжестью травмы менее 25 баллов по шкале ISS выполнен первичный внутренний остеосинтез в соответствии с протоколом раннего исчерпывающего лечения (Early total care), у 4 пострадавших (22,2%) с более тяжелыми повреждениями переломы иммобилизованы аппаратами наружной фиксации в соответствии с протоколом контроля повреждений (Damage control) и методикой лечебно-тактического прогнозирования Ю.Н. Цибина – А.Н. Кейера [9].

Анализ структуры операций показал, что наиболее часто выполнялся остеосинтез переломов лодыжек (20,7%) и ключицы (13,9%). После выполнения операций остеосинтеза в экстренном порядке не было случаев ранней инфекции и/или ревизионных операций по причине некачествен-

ного выполнения первичного остеосинтеза в период госпитализации.

За первое полугодие 2021 г., наряду с 266 неотложными, было выполнено 659 плановых операций остеосинтеза пострадавшим, которым операции не были выполнены в неотложном порядке (всего 925 операций). При этом средний койко-день у пациентов, прооперированных в неотложном порядке, составил  $8,40 \pm 16,67$  дней, в то время как пациенты, перенесшие отсроченное хирургическое вмешательство, находились в стационаре больший срок ( $p = 0,025$ ) — в среднем  $12,98 \pm 6,28$  дней. Характер распределения двух сравниваемых независимых выборок данных не соответствует нормальному, в связи с этим для оценки достоверности различий применялся непараметрический критерий Манна–Уитни. По отдельным локализациям объемы выборок значений койко-дня (их распределение не соответствует нормальному) позволяли произвести статистический анализ с применением непараметрического критерия Манна–Уитни. Рассчитанные значения  $p$  во всех случаях получены меньше принятого уровня значимости 0,05.

Наименьшая длительность госпитализации наблюдалась у пациентов, которым был выполнен остеосинтез костей стопы, она составила в среднем  $2,66 \pm 2,52$  дней. Наибольший показатель среднего койко-дня ожидаемо отмечен у пациентов с переломами костей таза и политравмой —  $30,07 \pm 39,92$  дней. Максимальное значение койко-дня среди пациентов данной группы составило 136 дней, что объяснялось развитием послеоперационных инфекционных осложнений у пациента с политравмой, потребовавших неоднократных повторных хирургических вмешательств. Если же рассматривать среднюю длительность пребывания в стационаре всех пациентов, которым был выполнен остеосинтез, то это значение составляет  $11,80 \pm 10,70$  койко-дней (табл. 2).

Таблица 2

**Количество оперативных вмешательств и показатели среднего койко-дня в зависимости от локализации перелома**

Локализация перелома	Неотложные операции		Плановые операции		$p$	Всего	
	Кол-во	Койко-день	Кол-во	Койко-день		Кол-во	Койко-день
Ключица	21	$2,40 \pm 1,14$	50	$10,88 \pm 7,33$	$2,4 \times 10^{-10}$	71	$8,46 \pm 7,31$
Ключица — вывих	16	$3,81 \pm 2,59$	0	0	–	16	$3,81 \pm 2,59$
Проксимальный отдел плечевой кости	5	$2,40 \pm 1,34$	67	$10,95 \pm 4,47$	–	72	$10,30 \pm 4,83$
Диафиз плечевой кости	6	$8,67 \pm 10,52$	39	$13,10 \pm 5,34$	–	45	$12,50 \pm 6,29$
Локтевой отросток	16	$4,81 \pm 6,10$	37	$10,59 \pm 5,93$	0,00054	53	$8,85 \pm 6,56$
Кости предплечья, включая дистальный метаэпифиз лучевой кости	10	$4,70 \pm 5,60$	53	$10,57 \pm 6,51$	–	63	$9,63 \pm 6,69$

Окончание таблицы 2

Локализация перелома	Неотложные операции		Плановые операции		p	Всего	
	Кол-во	Койко-день	Кол-во	Койко-день		Кол-во	Койко-день
Шейка бедренной кости	0	0	130	15,11±6,57	–	130	15,11±6,57
Чрезвертельный перелом бедренной кости	16	10,63±4,44	149	14,67±5,98	0,000798	165	14,30±5,96
Подвертельный перелом бедренной кости	0	0	20	14,85±5,67	–	20	14,85±5,67
Диафиз бедренной кости	4	11,50±8,39	8	9,50±2,62	–	12	10,20±4,95
Дистальный отдел бедренной кости	18	6,78±6,84	15	13,47±7,09	0,00179	33	9,82±7,64
Надколенник	2	1,00±1,41	14	11,36±3,71	–	16	10,10±4,96
Проксимальный отдел большеберцовой кости	0	0	21	15,14±6,19	–	21	15,14±6,19
Диафиз и нижняя треть большеберцовой кости	40	7,95±9,28	6	16,50±12,86	–	46	9,09±10,10
Лодыжки	55	5,16±9,11	50	10,16±3,59	4,9×10 <sup>-15</sup>	105	7,52±7,43
Стопа	3	2,66±2,52	0	0	–	3	2,66±2,52
Кисть	25	5,48±11,50	0	0	–	25	5,48±11,50
Таз и политравма	29	30,07±39,92	0	0	–	29	30,07±39,92
<b>Итого</b>	<b>266</b>	<b>8,40±16,67</b>	<b>659</b>	<b>12,98±6,28</b>	<b>1×10<sup>-17</sup></b>	<b>925</b>	<b>11,80±10,70</b>
min/max	–	0/136	–	3/46	–	–	0/136
Q1 / Me / Q3	–	2/3/8,75	–	9/12/15	–	–	6/10/15

min — минимальное значение; max — максимальное значение; Q1 — первый квартиль; Me — медиана; Q3 — третий квартиль; p не указано, если количество пациентов в одной из выборок настолько мало, что не позволяет произвести статистический анализ корректно.

Таким образом, можно констатировать статистически значимое снижение длительности пребывания пациентов с изучаемыми повреждениями в стационаре в случае выполнения неотложных операций остеосинтеза при поступлении.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема организации операций остеосинтеза переломов костей в стационаре скорой помощи назрела достаточно давно. К сожалению, переходу на современные стандарты оказания специализированной травматологической помощи препятствует ряд факторов. Во-первых, большинство стационаров спроектировано и построено более 20–30 лет назад и ориентировано на работавшую в то время экстенсивную модель оказания помощи — в этих стационарах отсутствует необходимое для работы в новых условиях количество операционных. Во-вторых, имеющиеся на сегодняшний день порядки оказания специализированной травматологической помощи пострадавшим как с изолированной,

так и с множественной и сочетанной травмой не предусматривают наличие достаточного количества персонала для выполнения операций в вечернее и ночное время. Для обеспечения такой работы руководители стационаров вынуждены изыскивать резервы и увеличивать штатное расписание с введением дополнительных должностей врачей и операционных сестер\*.

Эта проблема носит глобальный характер и до сих пор не решена даже в развитых странах.

M.J.L. van der Wee с соавторами в обзоре, посвященном оказанию экстренной хирургической помощи в разных странах, говорят о том, что в мире существует большая гетерогенность в структуре и компонентах системы оказания экстренной хирургической помощи (Acute Care Surgery, ACS) [8]. Действительно, не вызывает сомнения то, что качественно выполненный остеосинтез при поступлении больного в стационар значительно уменьшает сроки пребывания в стационаре и тем самым способствует уменьшению коечного фонда

\* Порядок оказания медицинской помощи населению по профилю «травматология и ортопедия» (утв. приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 12 ноября 2012 г. № 901н) и Порядок оказания медицинской помощи пострадавшим с сочетанными, множественными и изолированными травмами, сопровождающимися шоком (утв. приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 ноября 2012 г. № 927н).



без снижения оперативной активности. С другой стороны, подобная практика требует наличия круглосуточных специализированных операционных с квалифицированным персоналом, следовательно, и значительного увеличения финансирования, которое не компенсируется уменьшением коечной мощности травматологической службы.

Необходимо принимать во внимание и большое разнообразие травматологической патологии, а также непредсказуемость количества пациентов с переломами различной степени тяжести, которые поступят в клинику. Традиционно все эти пациенты госпитализируются для ожидания операции. Это значит, что в периоды значительной загруженности ожидание операции составляет несколько дней, увеличивается время пребывания больного в стационаре, избыточная нагрузка ложится на персонал операционных, снижается удовлетворенность пациентов доступностью (оперативностью) и качеством медицинской помощи. Проблема решается введением дополнительных хирургических бригад и даже работой в ночное время. В то же время в последние годы отмечено, что операции в ночное время увеличивают риск осложнений, стоимость лечения и риск потери здоровья сотрудниками стационаров [10].

При этом очевидно, что абсолютное большинство травматологических операций может быть выполнено в отсроченном порядке без ущерба для их качества. Например, в Финляндии существует четыре категории экстренности выполнения операций: чрезвычайно экстренные должны быть выполнены немедленно, операции 1-й категории должны быть выполнены в течение 3 ч., операции 2-й категории должны быть выполнены в течение 8 ч., операции 3-й категории должны быть выполнены в течение 24 ч. При этом из операций остеосинтеза только фиксация переломов бедренной кости включена в 3-ю категорию, следовательно, другие операции остеосинтеза не выполняются в экстренном порядке. По данным травмоцентра 1-го уровня города Оулу, операции из категории чрезвычайно экстренных (4,5% от всех операций) начаты в среднем через 26 мин. после поступления, операции 1-й категории (9,7%) — через 59 мин. При этом целевой показатель достигнут в 93% случаев. Операции 2-й категории (23,3%) начаты в среднем через 337 мин. с достижением целевого показателя в 86% случаев, операции 3-й категории (62,5%) начаты в среднем через 830 мин. после поступления в стационар с достижением целевого показателя в 62,5% случаев. Авторы отмечают, что по мере уменьшения экстренности выполнения операций уменьшается доля вмешательств, выполненных с соблюдением целевых показателей. При этом по мере уменьшения экстренности хирургии выбирают наиболее подходящих для себя

пациентов, часто негативную роль играет спешка. Это приводит к тому, что операции низшей категории экстренности, к которым относится большинство операций остеосинтеза, откладываются. Нередко эти больные ожидают операции в домашних условиях [4, 6].

О необходимости градации операций в зависимости от экстренности их выполнения говорят также М.К. FitzPatrick с соавторами. Они приводят данные о введении в 2003 г. понятия «экстренный хирургический пациент» в травмоцентре 1-го уровня университета Пенсильвании. Это пациент, который нуждается в хирургическом вмешательстве в течение 24 ч. Вместе с этим были организованы курсы по травматологии для специалистов по общей хирургии, впоследствии создана Trauma Case Management Team. При сравнении 1999 и 2003 гг. количество пациентов осталось приблизительно на том же уровне, но увеличилась доля пациентов старшего возраста. Незначительно возросла тяжесть травм по шкале ISS, составив больше 13 баллов. Длительность пребывания в стационаре варьировала от 5,5 до 6,9 дней. Доля отказов в оплате лечения уменьшилась с 4,6% в 1998 г. до 2,8% в 1999 г. после начала работы Trauma Case Management Team. Этот показатель продолжал уменьшаться и в 2004 г. достиг 0,5%. В 2004 г. доля повторных госпитализаций составила 1,8% в сравнении с 4,0% в 1998 г. [5].

Среди множества систем, учитывающих категории приоритетности пациентов при ожидании хирургических операций, заслуживает внимания так называемая светофорная система кодирования [6]. Согласно этой системе, экстренные операции имеют красный код и должны выполняться в первые 8 ч. Операции, кодированные оранжевым, выполняются в интервале 8–24 ч., желтым — 24–48 ч. Остальные операции, к числу которых относится большинство операций остеосинтеза изолированных переломов, кодируются зеленым и могут быть отложены на более продолжительное время. Эти пациенты после оказания первой помощи и обследования выписываются домой для ожидания операции, которая назначается на определенное время. В силу ограниченных ресурсов операционных время ожидания часто увеличивается и превосходит предварительно запланированное из-за наличия травм, которые должны быть оперированы в первую очередь, в частности, переломов бедренной кости. Это генерирует неудовлетворенность как пациентов, так и персонала, перегрузку палат и вынуждает выполнять операции в ночное время. Тем не менее, если результаты операций по поводу переломов проксимального отдела бедренной кости значимо хуже при их выполнении позднее 48 ч. после повреждения, то достоверные данные об ухудшении результатов

лечения пациентов с другой травматологической патологией, требующей хирургического лечения, при выполнении операции позднее 48 ч. отсутствуют. В особенности это относится к переломам костей верхней конечности. Исходы операций, выполненных в нерабочее, в том числе и ночное время, являются предметом длительных дискуссий. Тем не менее хирурги, работающие в ночное время, совершают больше ошибок в сравнении с дневными хирургами. Риски осложнений после операций, выполненных в выходные, выше в сравнении с рабочими днями [11]. Качество и безопасность оперативного лечения, выполненного дежурным персоналом, ниже, чем операций, выполненных в дневное время хирургами, которые не дежурили в предыдущую ночь [12, 13]. В связи с этим светофорная система позволяет выделить приоритетные операции (проксимальный отдел бедренной кости) и менее экстренные операции, которые вносятся в операционный план и выполняются в дневное время в специализированных операционных опытных хирургами [10].

Интересен в этом аспекте опыт Швеции, где модель оказания экстренной помощи обеспечивает ее высокий уровень для всех граждан. Однако и там приходится констатировать, что наибольшие организационные трудности вызывает экстренная хирургия, которую невозможно планировать. В результате экстренные операции могут проводиться в плановой операционной и вступать в конфликт с плановыми операциями, когда возможности операционной лимитированы. Особенно это касается операций большой экстренности. В ряде случаев перенос операции приводит к дополнительным страданиям пациента, более длительному реабилитационному периоду и ухудшению конечного функционального результата. Более того, исследования случаев отмены или переноса хирургического вмешательства показывают неоптимальное использование ресурсов стационара, а также уменьшение его доходов [7].

Анализируя опыт Швеции, Т. Bhattacharyya с соавторами констатируют, что, вопреки улучшению материальной базы и ресурсов клиник, внедрению новых технологий, задержки операций в травматологических отделениях происходят ежедневно. Они обычно объясняются большим потоком пострадавших с широким спектром повреждений, нуждающихся в экстренной помощи [14]. Однако действительно экстренными состояниями в травматологии, требующими немедленного вмешательства, являются острый компартмент-синдром, а также переломы, вывихи и другие травмы, сопровождающиеся повреждениями сосудов. Большинство других операций можно отложить без нанесения вреда, но они должны быть сделаны настолько быстро, насколько будет

стабилизировано состояние пациента и позволят ресурсы клиники [15]. Таким образом, экстренные операции остеосинтеза должны выполняться в зависимости от тяжести повреждения, общего статуса пациента и доступности операционной. Более того, в ряде случаев плановые ортопедические операции могут быть отложены для выполнения экстренных.

Все причины задержки операций можно разделить на относящиеся к пациенту и организационные. Результаты исследования одного из центров Швеции, которое охватило 9500 травматологических и ортопедических операций (46% плановых и 54% экстренных), показали, что приоритет в оперативном лечении распределялся следующим образом: переломы бедренной кости (osteosynthesis в первые 24 ч.); экстренные пациенты, госпитализированные в стационар и ожидающие операции; пациенты, отпущенные домой после оказания первичной помощи и ожидающие вызова на операцию (home pathway surgery). Система записи в операционную и вызова пациентов из дома была хорошо организована, однако выявлено достаточно большое количество задержек в выполнении операций остеосинтеза, которые можно разделить на организационные и медицинские.

Организационные причины задержек следующие:

- поступление пациентов с тяжелой травмой, имеющих приоритет в оперативном лечении;
- увеличение времени предыдущей операции относительно ранее запланированного;
- изменение или отмена показаний к операции;
- уменьшение количества свободных коек интенсивной терапии или отделения;
- нехватка персонала в операционной, отделении интенсивной терапии, хирургов или анестезиологов.

Кроме того, организационные проблемы включают отказ от лечения в этой клинике и перевод пациента в другой стационар.

Медицинские причины задержек оперативного лечения заключаются в утяжелении состояния больного, развитии инфекционных осложнений, желании самого пациента сделать операцию позднее или отказе от нее.

В результате у 18% больных операция была отложена однократно, у 4% — дважды, у 1% — трижды, менее чем у 1% — четыре раза. При этом пропорция отложенных и выполненных в срок операций не изменялась в течение 7 лет. Среди всех отложенных операций 21% был выполнен в течение 24 ч. после отмены, 41% ждали до 3 сут., 17% ожидали от 3 дней до недели и более, 6% пациентов отказались от операции в этой клинике. Следует особо отметить, что 80% причин отмен и задержек операций являлись организационными

и только 20% были обусловлены медицинскими причинами [7].

Еще одной проблемой является то, что травматологические клиники традиционно сталкиваются с нехваткой операционных для остеосинтеза переломов. Именно поэтому подобные операции часто откладываются и выполняются в вечернее и ночное время. При этом доля осложнений у больных, оперированных в неурочное время, достоверно выше в сравнении с больными, операция которым выполнена в дневное время, а время выполнения одних и тех же операций ночью достоверно больше, чем днем. Выходом может быть организация работы одной операционной, зарезервированной для выполнения травматологических операций. Это было сделано в 1999 г. в Массачусетском госпитале. Эта операционная работает с понедельника по субботу с 7:45 до 17:00 и находится под контролем травматологов, которые определяют последовательность операций в зависимости от их экстренности. Она освобождена от других видов хирургических и ортопедических операций. Приоритетными показаниями для использования этой операционной являются переломы лодыжек, костей голени, бедренной кости и области тазобедренного сустава, открытые переломы. В результате доля ночных операций снизилась с 28% до 9%. При этом у представителей других субспециальностей значительно уменьшился лист ожидания [14]. Стремление к переносу выполнения большинства операций по поводу переломов на рабочее время понятно, однако следует учитывать еще один важный аспект этой проблемы. Отсутствие возможности выполнять операции снижает удовлетворенность работой у хирурга, который занимается неоперативным лечением закрытых тупых травм. Для увеличения удовлетворенности работой необходимо разумное сочетание хирургического и нехирургического лечения переломов, однако это требует обширных навыков у персонала [16].

Международным сообществом также не решен вопрос о том, кто должен заниматься оказанием экстренной травматологической помощи пострадавшим с переломами. В разных странах Европейского Союза для оказания помощи больным со скелетной травмой необходимо разное обучение с получением соответствующих сертификатов: *orthopedic surgery* (Финляндия, Франция, Италия, Норвегия, Португалия, Румыния, Испания, Турция, Великобритания, Чехия, Германия), *trauma surgery* (Хорватия, Люксембург, Нидерланды, Чехия, Германия), *general surgery* (Хорватия, Люксембург, Нидерланды, Греция, Швейцария) [17]. Необходимо учитывать и то, что современным трендом в хирургии является увеличение количества субспециальностей и, соответственно, уменьшение количества

операций и манипуляций, выполняемых врачами, оказывающими экстренную помощь. Чем более узким специалистом становится хирург, тем менее компетентен он в вопросах экстренной помощи, а экстренная хирургия и травматология требуют постоянного тренинга [18]. При этом отмечается неуклонное увеличение возраста пациентов, финансовые проблемы стационаров, уменьшение количества обучающихся врачей, увеличение специализации, недоступность консультантов в режиме 24/7. У врачей недостаточно возможностей для обучения, что приводит к недостатку специалистов с сертификатом травматолога. У дежурных травматологов обычно имеется большой объем ночной работы, при этом они испытывают дефицит плановой хирургии. Поэтому в последние годы назрела проблема централизации травматологической помощи и субспециализация экстренной травматологической и хирургической помощи [17, 18].

Таким образом, можно выделить три стратегии выполнения операций остеосинтеза: неотложные операции при поступлении пострадавшего в стационар, отсроченные операции в плановых операционных в дневное время и комбинация этих двух стратегий.

Выполнение операций остеосинтеза переломов в неотложном порядке имеет как свои плюсы, так и минусы. Анализ результатов НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе показал, что практика остеосинтеза изолированных переломов в неотложном порядке приводит к значительному уменьшению длительности пребывания больного в стационаре. Вопреки данным литературы, нами не отмечено увеличения количества ранних осложнений остеосинтеза, связанных с выполнением операции в экстренном порядке. Тем не менее выполнение операций в рабочее время, когда все наиболее опытные хирурги находятся в клинике, а в случае интраоперационных осложнений или непредвиденных ситуаций могут быть в полном объеме задействованы, доступны все ресурсы клиники, теоретически представляется более адекватным. Проблема имеет общемировой характер и заключается в дефиците операционных. Нельзя сбрасывать со счетов также желание хирургов оперировать, которое в более полной мере может быть реализовано в дежурные часы. В особенности это относится к молодым хирургам.

Конечно, нужно понимать, что есть ряд достаточно сложных для остеосинтеза переломов, которые может не выполнить или выполнить с ненадлежащим качеством бригада дежурных травматологов. Для исключения подобных ситуаций нами определен перечень операций остеосинтеза, выполнение которых возможно в неотложном порядке. Согласно этому перечню, внутренний остеосинтез показан в случаях изолированных и

сочетанных с благоприятным прогнозом для оперативного лечения по Ю.Н. Цибину–А.Н. Кейеру переломов и вывихов ключицы, двухфрагментарных переломов хирургической шейки плечевой кости, переломов локтевого отростка, диафизарных переломов костей предплечья, внесуставных переломов дистального отдела лучевой кости, медиальных переломов шейки бедренной кости (при наличии показаний к остеосинтезу), чрезвертельных, подвертельных и диафизарных переломов бедренной кости, низкоэнергетических переломов диафиза большеберцовой кости, переломов лодыжек (при отсутствии выраженного отека мягких тканей), переломов надколенника, костей кисти и стопы, переломовывихов таранной кости. Первичная иммобилизация перелома аппаратом наружной фиксации показана во всех случаях при нестабильной гемодинамике (АД сист. менее 90 мм рт. ст.) и неблагоприятном прогнозе оперативного лечения по Ю.Н. Цибину–А.Н. Кейеру при переломах области коленного и голеностопного суставов, диафизарной части голени вследствие высокоэнергетической травмы, при открытых переломах G2–G3 (по классификации Gustillo–Andersen), в случае переломов длинных костей нижних конечностей при политравме (ISS>17) при невозможности выполнения внутренней фиксации, а также при наличии у пациента нестабильного повреждения тазового кольца (в случае невозможности выполнения первичного внутреннего остеосинтеза костей таза и стабилизации перелома).

Представленный в этой работе материал является только началом большой работы по анализу результатов и длительности стационарного лечения больных в зависимости от сроков выполнения операций остеосинтеза. Полученные данные свидетельствуют о том, что операции остеосинтеза в неотложном порядке при определенных повреж-

дениях безопасны в плане качества их выполнения и инфекционных осложнений и имеют право на жизнь. С другой стороны, оптимизация работы стационара в дневное время может снизить необходимость неотложных операций остеосинтеза и уменьшить нагрузку на коечный фонд, делая менее актуальной проблему неотложного остеосинтеза.

Возвращаясь к неотложным операциям остеосинтеза, очевидно, что необходимо четкое определение групп больных в зависимости от характера и локализации перелома, которым целесообразно выполнение подобных операций с созданием адекватных алгоритмов выбора метода лечения и строгого их соблюдения. Кроме того, внедрение практики выполнения остеосинтеза в неотложном порядке требует проведения серьезных организационных мероприятий. Далеко не все травмоцентры в настоящее время даже при желании могут перейти на подобную практику оказания помощи в силу особенностей штатно-организационной структуры. Крайне важно также провести экономическое обоснование целесообразности изложенного подхода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на сегодняшний день у травматологического сообщества отсутствует единство взглядов на оптимальную стратегию выполнения операций остеосинтеза. Причиной отсутствия консенсуса является многофакторность проблемы, которая затрагивает организацию оказания специализированной травматологической помощи, ее финансирование, штатное расписание стационара, профессиональную подготовку кадров.

Окончательные выводы о том, какая стратегия выполнения операций остеосинтеза является оптимальной, можно будет сделать после широкого обсуждения этой проблемы и более глубокого ее изучения.

## 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.

**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*

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.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.



## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Бельский И.Г., Кутянов Д.И., Спесивцев А.Ю. Структура переломов длинных костей конечностей у пострадавших, поступающих для хирургического лечения в городской многопрофильный стационар. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2013;(1):134-139. Belenkiy I.G., Kutyanov D.I., Spesivtsev A.Yu. [Long-bone fractures in patients who need surgical treatment in municipal multi-field emergency hospital]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Meditsina* [Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine]. 2013;(1): 134-139. (In Russian).
2. Тихилов Р.М., Воронцова Т.Н., Бельский И.Г. Вопросы стандартизации специализированной медицинской помощи пострадавшим с переломами костей голени в условиях городского многопрофильного стационара. *Травматология и ортопедия России*. 2013;2(68):5-12. Tikhilov R.M., Vorontsova T.N., Belenkiy I.G. [Standardization of specialized medical care to patients with shin fractures in multifield city hospital]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2013;2(68):5-12. (In Russian).
3. Frink M., Lechler P., Debus F., Ruchholtz S. Multiple Trauma and Emergency Room Management. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(29-30):497-503. doi: 10.3238/arztebl.2017.0497.
4. Koivukangas V., Saarela A., Meriläinen S., Wiik H. How Well Planned Urgency Class Come True in The Emergency Surgery? Timing of Acute Care Surgery. *Scand J Surg*. 2020;109(2):85-88. doi: 10.1177/1457496919826716.
5. FitzPatrick M.K., Reilly P.M., Laborde A., Braslow B., Pryor J.P., Blount A. et al. Maintaining patient throughput on an evolving trauma/emergency surgery service. *J Trauma*. 2006;60(3):481-486; discussion 486-488. doi: 10.1097/01.ta.0000205861.29400.d9.
6. Leppäniemi A., Jousela I. A traffic-light coding system to organize emergency surgery across surgical disciplines. *Br J Surg*. 2014;101(1):e134-e140. doi: 10.1002/bjs.9325.
7. Caesar U., Karlsson J., Hansson E. Incidence and root causes of delays in emergency orthopaedic procedures: a single-centre experience of 36,017 consecutive cases over seven years. *Patient Saf Surg*. 2018;12:2. doi: 10.1186/s13037-018-0149-1.
8. van der Wee M.J.L., van der Wilden G., Hoencamp R. Acute Care Surgery Models Worldwide: A Systematic Review. *World J Surg*. 2020;44(8):2622-2637. doi: 10.1007/s00268-020-05536-9.
9. Кейер А.Н., Фролов Г.М., Савельев М.С., Кашанский Ю.Б. Хирургическая тактика при тяжелой травме, основанная на объективных критериях тяжести состояния пострадавших. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 1982;(7):86-90. Keier A.N., Frolov G.M., Savel'ev M.S., Kashanskii Yu.B. [Surgical tactics in severe trauma, based on objective criteria for the severity of the condition of the victims]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova* [Grekov's Bulletin of Surgery]. 1982;(7):86-90. (In Russian).
10. Ax M., Reito A., Koskimaa M., Uutela A., Paloneva J. Scheduled Emergency Trauma Operation: The Green Line Orthopedic Trauma Surgery Process Of Care. *Scand J Surg*. 2019;108(3):250-257. doi: 10.1177/1457496918803015.
11. Ono Y., Ishida T., Iwasaki Y., Kawakami Y., Inokuchi R., Tase C. et al. The off-hour effect on trauma patients requiring subspecialty intervention at a community hospital in Japan: a retrospective cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015;23:20. doi: 10.1186/s13049-015-0095-1.
12. Landrigan C.P., Rothschild J.M., Cronin J.W., Kaushal R., Burdick E., Katz J.T. et al. Effect of reducing interns' work hours on serious medical errors in intensive care units. *N Engl J Med*. 2004;351(18):1838-1848. doi: 10.1056/NEJMoa041406.
13. Arndt J.T., Owens J., Crouch M., Stahl J., Carskadon M.A. Neurobehavioral performance of residents after heavy night call vs after alcohol ingestion. *JAMA*. 2005;294(9):1025-1033. doi: 10.1001/jama.294.9.1025.
14. Bhattacharyya T., Vrahas M.S., Morrison S.M., Kim E., Wiklund R.A., Smith R.M. et al. The value of the dedicated orthopaedic trauma operating room. *J Trauma*. 2006;60(6):1336-1340; discussion 1340-1341. doi: 10.1097/01.ta.0000220428.91423.78.
15. Crist B.D., Ferguson T., Murtha Y.M., Lee M.A. Surgical timing of treating injured extremities. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(16):1514-1524. doi: 10.2106/JBJS.L.00414.
16. Goslings J.C., Ponsen K.J., Luitse J.S., Jurkovich G.J. Trauma surgery in the era of nonoperative management: the Dutch model. *J Trauma*. 2006;61(1):111-114; discussion 115. doi: 10.1097/01.ta.0000222704.86560.ac.
17. Goh Y.M., Vitish-Sharma P., Saad A., Bibi S., Talving P., Ponchietti L. The Future of Emergency Surgery. *Chirurgia (Bucur)*. 2017;112(5):566-572. doi: 10.21614/chirurgia.112.5.566.
18. al-Ayoubi F., Eriksson H., Myreid P., Wallon C., Andersson P. Distribution of emergency operations and trauma in a Swedish hospital: need for reorganisation of acute surgical care? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012;20:66. doi: 10.1186/1757-7241-20-66.

## Сведения об авторах

✉ Бельский Игорь Григорьевич — д-р мед. наук  
 Адрес: Россия, 192242, Санкт-Петербург,  
 Будапештская ул., д. 3  
<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>  
 e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Мануковский Вадим Анатольевич — д-р мед. наук,  
 профессор  
<https://orcid.org/0000-0003-0319-814X>  
 e-mail: sekr@emergency.spb.ru

Тулупов Александр Николаевич — д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0003-2696-4847>  
 e-mail: altul@yandex.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

Vadim A. Manukovskii — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-0319-814X>  
 e-mail: sekr@emergency.spb.ru

Aleksandr N. Tulupov — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-2696-4847>  
 e-mail: altul@yandex.ru

*Демко Андрей Евгеньевич* — д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0002-5606-288X>  
e-mail: demkoandrey@gmail.com

*Кандыба Дмитрий Вячеславович* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-9715-5505>  
e-mail: kandyba@emergency.spb.ru

*Сергеев Геннадий Дмитриевич*  
<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>  
e-mail: gdsergeev@gmail.com

*Майоров Борис Александрович* — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>  
e-mail: bmayorov@mail.ru

*Барсукова Ирина Михайловна* — д-р мед. наук, доцент  
<https://orcid.org/0000-0002-5398-714X>  
e-mail: bim-64@mail.ru

*Аджимурадов Багаутдин Османович*  
<https://orcid.org/0000-0001-7931-3111>  
e-mail: badzhimuradov@mail.ru

*Andrei E. Demko* — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0002-5606-288X>  
e-mail: demkoandrey@gmail.com

*Dmitrii V. Kandyba* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-9715-5505>  
e-mail: kandyba@emergency.spb.ru

*Gennadii D. Sergeev*  
<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>  
e-mail: gdsergeev@gmail.com

*Boris A. Maiorov* — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>  
e-mail: bmayorov@mail.ru

*Irina M. Barsukova* — Dr. Sci. (Med.), Assistant Professor  
<https://orcid.org/0000-0002-5398-714X>  
e-mail: bim-64@mail.ru

*Bagautdin O. Adzhimuradov*  
<https://orcid.org/0000-0001-7931-3111>  
e-mail: badzhimuradov@mail.ru

Редакционная статья

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1766>

## Стратегия выполнения остеосинтеза: опыт и рекомендации

Редакционный комментарий к статье И.Г. Беленького с соавторами

«Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы»

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1693>

В.Э. Дубров

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия*

В комментарии критически анализируется предложенная авторами статьи стратегия выполнения операций остеосинтеза и описывается система оказания помощи пациентам с переломами в г. Москве. Операционные делятся на плановые и экстренные. А они, в свою очередь, подразделяются на обычные и гибридные, в которых одновременно возможно выполнять и эндоскопические, и эндоваскулярные, и открытые вмешательства. Операции выполняются в порядке приоритета. Высочайший приоритет: внеочаговая фиксация костей конечностей и/или таза стержневыми аппаратами; операции на конечностях при нарушении кровоснабжения в дистальных отделах; декомпрессивные фасциотомии с одновременной внешней фиксацией отломков в стержневых аппаратах при подозрении на формирование компартмент-синдрома; операции, выполняемые пациентам с тяжелой сочетанной или множественной травмой. Высокий приоритет: открытые переломы типа 3А и 3В по классификации Gustillo, требующие проведения первичной хирургической обработки ран и внешней фиксации; закрытые нестабильные переломы.

**Ключевые слова:** остеосинтез, неотложная травматологическая помощь, организация здравоохранения.

Editorial

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1766>

## Fracture fixation strategy: experience and recommendations

Editorial Comment on the Article by Belenkiy I.G. et al.

“Strategies of Osteosynthesis: Problems and Perspectives”

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1693>

Vadim E. Dubrov

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

The commentary critically analyzes the strategy proposed by the authors of the article for performing osteosynthesis and describes the system of care for patients with fractures in Moscow. Operating rooms are divided into planned and emergency. And they, in turn, are divided into conventional and hybrid, in which it is simultaneously possible to perform endoscopic, endovascular, and open surgery. Surgeries are performed in order of priority. Highest priority: extra-focal fixation of limb bones and/or pelvis with ex-fix devices; surgery on extremities with impaired blood supply in the distal parts; decompressive fasciotomies with simultaneous external fixation of fragments in ex-fix devices with suspected formation of compartment syndrome; surgeries performed in patients with severe combined or multiple trauma. High priority: open fractures of type 3A and 3B according to the Gustillo classification, requiring primary surgical treatment of wounds and external fixation; closed unstable fractures.

**Keywords:** osteosynthesis, emergency trauma care, healthcare organization.

Ознакомившись с рукописью статьи И.Г. Беленького с соавторами «Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы», я не мог удержаться от полемики.

Безусловно, мы (и только все вместе!) должны построить систему оказания помощи пациентам с переломами, но боюсь, что различный уровень оснащения медицинских организаций и их обеспечения персоналом в регионах вряд ли позволит этой системе стать одинаково эффективной в ближайшее время. Тем не менее возможно провести анализ работы травматологических стационаров

в мегаполисах, вычлнить рациональное зерно и оценить, как полученные знания и опыт можно перенести на различные уровни оказания помощи. При этом необходимо учитывать, что в таких городах, как, например, Москва, любой стационар по своему оснащению практически представляет собой травмоцентр 1-го уровня. Но даже в столице невозможно равноценное оказание помощи во всех этих стационарах, в том числе и в связи с несоответствием числа хирургических и анестезиологических бригад. Поэтому была построена система маршрутизации пациентов в соответ-

ствии с возможностями той или иной медицинской организации. Так, например, определена субспециализация лишь шести стационаров по лечению пациентов с тяжелой травмой таза и всего четырех стационаров для лечения изолированной травмы кисти и верхней конечности. Таким образом, даже в столице невозможно построить единые правила для всех, тем более что на многие попытки организационно-штатных изменений накладывает ограничение приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 12 ноября 2012 г. № 901н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи населению по профилю “травматология и ортопедия”». Поэтому пока не удалось обеспечить медицинские организации Москвы полноценными травматологическими и анестезиологическими дежурными бригадами для оказания хирургической помощи в соответствии с числом не специализированных коек стационара, а с числом, например, операционных.

Помимо этого, разнятся и понятия. Так, например, в медицинских организациях Москвы нет такого подразделения, как противошоковая операционная. Мы подразделяем операционные на плановые и экстренные, которые, в свою очередь, подразделяются на обычные и гибридные, в которых одновременно возможно выполнять и эндоскопические, и эндоваскулярные, и открытые вмешательства. В ряде больниц вообще отсутствует деление на экстренные и плановые операционные в связи с возможностью полноценной обработки помещений между вмешательствами. Действительно, такие операции, как внешняя фиксация, остановка кровотечения, экстренная трахеостомия проводятся (и должны проводиться!) в условиях реанимационного зала, не являющегося операционной, но позволяющего проводить разнообразные манипуляции одновременно нескольким пациентам без нарушения санитарно-эпидемиологических правил.

Поэтому мне непонятно стремление к выполнению неотложных оперативных вмешательств в не приспособленных для этого помещениях. Непонятно, почему нельзя поместить полноценный ортопедический стол вместе с ЭОП в экстренную операционную, и непонятно, зачем нужен

ортопедический стол при проведении противошоковых мероприятий.

Помимо этого, в Москве принят несколько иной, по сравнению с НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, подход к распределению неотложности остеосинтеза.

#### **Операции высочайшего приоритета**

1. Операции остеосинтеза, выполняемые в реанимационном зале отделения реанимации в качестве реанимационного пособия без подачи больного в операционную. К ним относятся только внеочаговая фиксация костей конечностей и/или таза при помощи стержневых аппаратов (табл. 1).

2. Операции на конечностях при нарушении кровоснабжения в дистальных отделах — это не только операции одновременной реваскуляризации и остеосинтеза костных фрагментов при переломах с нарушением магистрального кровотока, но и операции остеосинтеза при реплантации отчлененных сегментов или наложение стержневых аппаратов при тяжелых повреждениях мягких тканей.

3. Декомпрессивные фасциотомии с одновременной внешней фиксацией отломков в стержневых аппаратах при подозрении на формирование компартмент-синдрома.

4. Операции, выполняемые пациентам с тяжелой сочетанной или множественной травмой одновременно (или последовательно) с хирургическими или нейрохирургическими вмешательствами.

#### **Операции высокого приоритета**

1. Открытые переломы типа 3А и 3В по классификации Gustillo, требующие проведения первичной хирургической обработки ран и внешней фиксации.

2. Закрытые нестабильные переломы (чаще всего лодыжек и дистальных метаэпифизов костей предплечья), особенно при угрозе нарушения жизнеспособности или целостности кожи. В этом случае либо выполняют стабильный погружной остеосинтез, причем в любое время суток, либо (при дефиците персонала, массовых поступлениях и т.п.) внешнюю фиксацию сегмента при помощи стержневых аппаратов с последующей конверси-

Таблица 1

#### **Количество внеочаговых фиксаций аппаратами внешней фиксации, выполненных при поступлении в 2017–2021 гг.**

Локализация	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Верхняя конечность	378	365	363	335	494
Нижняя конечность	865	1028	1170	1158	1527
Таз	332	325	392	268	346



ей метода фиксации отломков. Необходимо отметить, что, несмотря на значительный ежегодный рост случаев оперативного лечения переломов дистального метаэпифиза лучевой кости, отмечена четкая тенденция к выполнению этого вида лечения в первые 48 ч. с момента травмы, но не в экстренном порядке (табл. 2).

Считаем необходимым особо отметить, что наличие диафизарных переломов и некоторых эпиметафизарных переломов нижних конечностей в Москве в тех случаях, когда невозможна неотложная операция при поступлении, является показанием не к скелетному вытяжению, а к внешней фиксации стержневыми, в том числе мостовидными аппаратами. Хотели бы отметить, что в тех случаях, когда выполнение операции на нижней конечности планируется выполнить только через несколько часов с момента поступления, иммобилизацию на это время осуществляют при помощи аппаратов внешней фиксации, либо ваку-

умных шин или матрасов, либо в крайнем случае — гипсовых повязок или пластиковых адаптивных шин, но никак не при помощи скелетного вытяжения. Принципиально важно, что срок выполнения операции остеосинтеза фрагментов диафизарных переломов определяется в соответствии с концепциями Early Total Care, Damage Control Orthopaedics или Early Appropriate Care в зависимости от объективных показателей тяжести состояния пострадавшего. Поэтому для нас непонятна и удивительна чрезвычайно низкая доля использования в НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе аппаратов внешней фиксации по сравнению с погружным остеосинтезом.

3. Уже в день поступления мы стремимся выполнять операции при переломе проксимального отдела бедренной кости у пожилых. Как видно из таблиц 3 и 4, ежегодно отмечается прирост доли операций, выполняемых в первые 48 ч. с момента поступления.

Таблица 2

**Количество операций остеосинтеза дистального отдела лучевой кости в экстренном и плановом порядке, выполненных в Москве в 2017–2021 гг.**

Время выполнения	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Экстренный остеосинтез	228	287	215	184	189
Плановый остеосинтез	1237	1374	2755	1349	1835

Таблица 3

**Распределение операций при переломах проксимального отдела бедренной кости по временным интервалам с момента поступления за 2019–2021 гг.**

Год	Остеосинтез					Эндопротезирование				
	до 6 ч.	от 6 до 12 ч.	от 12 до 24 ч.	от 24 до 48 ч.	более 48 ч.	до 6 ч.	от 6 до 12 ч.	от 12 до 24 ч.	от 24 до 48 ч.	более 48 ч.
2019	224	705	1310	1282	960	13	56	321	938	1446
2020	281	530	835	826	569	5	24	250	940	1310
2021	409	588	997	1093	539	19	89	436	1097	1467

Таблица 4

**Доля операций при переломах проксимального отдела бедренной кости в зависимости от сроков выполнения оперативного лечения за 2019–2021 гг., %**

Год	Остеосинтез		Эндопротезирование	
	до 48 ч.	более 48 ч.	до 48 ч.	более 48 ч.
2019	79,0	21,0	47,9	52,1
2020	81,3	18,7	48,2	51,8
2021	85,2	14,8	52,8	47,2

При удовлетворительном состоянии пострадавшего, особенно при возможности выполнения остеосинтеза, операцию стремимся выполнять в течение ближайших часов с момента поступления. При этом необходимо учитывать, что в Москве нет ни одной медицинской организации, которая бы не могла использовать ЭОП и ортопедический стол круглосуточно.

4. К неотложным операциям в течение первых часов с момента поступления мы относим и вмешательства при повреждениях разгибательного аппарата коленного и локтевого суставов, пястных костей и фаланг пальцев кисти, так как нарастающий отек неизбежно ухудшает результаты поздних вмешательств, количество которых также растет с каждым годом (табл. 5).

Таблица 5

**Количество операций, выполненных в экстренном порядке, при травмах разгибательного аппарата коленного и локтевого суставов и травмах кисти в 2018–2021 гг.**

Вид операции	Год			
	2018	2019	2020	2021
Остеосинтез локтевого отростка	603	549	513	661
Операции при травмах разгибательного аппарата коленного сустава:				
– повреждение четырехглавой мышцы	59	87	58	73
– перелом надколенника	374	398	333	440
– разрыв связки надколенника	62	64	46	53
Операции при повреждениях сухожилий кисти	386	668	845	1860
Остеосинтез костей кисти	916	1270	1257	2397

К повреждениям, при которых не рекомендовано выполнение по неотложным показаниям операций погружного остеосинтеза (но разрешено выполнение лишь внешней фиксации сегмента), отнесены перимплантные переломы любой локализации, чрезвертлужные переломы, переломы пяточной кости, внутрисуставные переломы локтевого сустава.

Такие операции, как остеосинтез фрагментов ключицы, лодыжек, костей стопы, дистального метаэпифиза лучевой кости и проксимального метаэпифиза плечевой кости и т.п., выполняют по неотложным показаниям лишь при наличии свободных операционных бригад анестезиологов и травматологов-ортопедов и только в достаточно комфортное для хирургов и анестезиологов время суток. Да, выполнение этих операций в экстренном порядке существенно сокращает длительность пребывания пациента в стационаре, но стремление к соблюдению экономических интересов здравоохранения далеко не всегда приводит к повышению качества помощи, оказываемой в ночное время усталым хирургом, не говоря уже о возможности свободного выбора и подбора металлофиксатора в это время суток. Хотелось бы отметить, что и в этих случаях приоритет в очередности выполнения операций мы стараемся отдавать прежде всего пожилым пациентам. Например, при одновременном поступлении пожилого пациента с переломом типа 32 А, В, С по АО/ОТА и молодого пострадавшего с многооскольчатый перелом надколенника прежде всего помощь будет оказана пожилому больному. Но если вместе с таким пожилым поступит молодой пациент с открытым переломом лодыжек типа 44-В3, то приоритет будет отдан пострадавшему с переломом в области голеностопного сустава.

На построение этой системы затрачены десятилетия, поскольку, с нашей точки зрения, оценивать нужно не количество операций, а отдаленные их результаты.

**Сведения об авторе**

✉ Дубров Вадим Эрикович — д-р мед. наук, профессор  
Адрес: 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1  
<https://orcid.org/0000-0001-5407-0432>  
e-mail: vduort@gmail.com

**Author's information**

✉ Vadim E. Dubrov — Dr. Sci. (Med.), Professor  
Address: 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-5407-0432>  
e-mail: vduort@gmail.com

Редакционная статья

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1765>

## К вопросу о перспективности экстренного выполнения остеосинтеза

Редакционный комментарий к статье И.Г. Беленького с соавторами  
«Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы»

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1693>

В.В. Хоминец

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

В комментарии обсуждаются преимущества и недостатки предложенной авторами статьи модели выполнения остеосинтеза по неотложным показаниям в течение 24 ч. после поступления пациента в стационар, а также акцентируется внимание на необходимости комплексной оценки исходов лечения и финансовых затрат системы здравоохранения. Определение показаний к неотложному остеосинтезу и выделение групп пациентов в зависимости от характера и локализации перелома также являются важными вопросами при обосновании сокращения сроков операции. Необходимо обосновать приоритетные локализации переломов для неотложной фиксации на основании анализа собственного опыта авторов статьи и данных литературы. Изменение системы оказания экстренной травматологической помощи потребует пересмотра нормативов кадрового обеспечения и финансирования в системе обязательного медицинского страхования. В комментарии подчеркивается целесообразность предварительной оценки эффективности новой модели в некоторых лечебных учреждениях путем сравнения с традиционной действующей системой.

**Ключевые слова:** остеосинтез, неотложная травматологическая помощь, организация здравоохранения.

Editorial

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1765>

## Is early fixation of the fracture promising?

Editorial Comment on the Article by Belenkiy I.G. et al.  
“Strategies of Osteosynthesis: Problems and Perspectives”

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-1693>

Vladimir V. Khominets

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

The commentary discusses the advantages and disadvantages of the model proposed by the authors of the article for performing osteosynthesis for urgent indications within 24 hours after the patient's admission to the hospital, and also focuses on the need for comprehensive assessment of treatment outcomes and financial costs of the healthcare system. The determination of indications for emergency osteosynthesis and the identification of patients groups depending on the pattern and localization of the fracture are also important issues in justifying the shortening of the time before surgery. It is necessary to justify the priority localization of fractures for urgent fixation based on the analysis of the authors' own experience and literature data. Changes in the system of emergency trauma care will require a revision of the standards of staffing and financing in the system of compulsory medical insurance. Therefore, the commentary emphasizes the expediency of a preliminary assessment of the new model effectiveness in some medical institutions by comparing it with the traditional system.

**Keywords:** osteosynthesis, urgent trauma care, healthcare organization.

Совершенствование организации оказания медицинской помощи пациентам с переломами костей является важной задачей нашей специальности, от решения которой зависят здоровье и трудоспособность огромного количества граждан, пострадавших в результате травм. Экономическая составляющая проблемы, с одной стороны, а также рост частоты множественных и сочетанных повреждений, открытых переломов и повреждений

мягких тканей, с другой стороны, определили необходимость поиска путей сокращения предоперационного периода. Совершенствование средств оценки состояния пациентов и технологий остеосинтеза, а также послеоперационной реабилитации определяют возможность решения данной задачи на современном уровне без негативных последствий для качества выполняемых вмешательств и результата лечения в целом.

Обсуждаемая работа посвящена определению преимуществ и недостатков выполнения остеосинтеза по неотложным показаниям в течение 24 ч. после поступления пациента в стационар. Авторы описывают структуру выборки пациентов по локализации переломов в лечебном учреждении, являющемся травмоцентром 1-го уровня и оценивают продолжительность стационарного лечения в зависимости от сроков остеосинтеза.

Поставленная масштабная задача — определить преимущества и недостатки существующих стратегий выполнения операций остеосинтеза — была решена лишь отчасти и преимущественно за счет анализа зарубежных публикаций. Отсутствие в период нахождения в стационаре случаев реостеосинтеза и ранних инфекционных осложнений у собственных пациентов, которым остеосинтез был выполнен в первые 24 ч., положительно характеризует выбранную тактику неотложного остеосинтеза, однако не учитывает результат лечения, частоту неудовлетворительных исходов и осложнений. Определение преимуществ и недостатков рассматриваемых стратегий подразумевает комплексную оценку исходов лечения и финансовых затрат системы здравоохранения. Очевидное сокращение продолжительности пребывания пациентов в стационаре в случае выполнения остеосинтеза при поступлении, обнаруженное авторами, не обязательно сопровождается снижением финансовых расходов, поскольку требует затрат, связанных с привлечением квалифицированного персонала в ночное время или откладыванием плановых операций, запланированных на следующий день, а также дополнительное оснащение операционной. Необходимые для орга-

низации неотложного остеосинтеза мероприятия нуждаются в экономическом обосновании. Кроме того, выделение дополнительной операционной для неотложного остеосинтеза в спроектированных более 30 лет назад стационарах может быть невозможно, что усложняет экстраполяцию успешного зарубежного опыта в отечественных условиях.

Определение показаний к неотложному остеосинтезу и выделение групп пациентов в зависимости от характера и локализации перелома являются важными вопросами при обосновании сокращения сроков операции. Более подробный анализ собственного опыта и литературы, посвященной изучению осложнений и результатов остеосинтеза различных сегментов опорно-двигательного аппарата, выполненного в разные сроки после травмы, позволил бы обосновать выбор приоритетных локализаций переломов для неотложной фиксации. Также необходимо определить степень субспециализации и требования к образованию хирургов, оказывающих экстренную и неотложную травматологическую помощь, в т.ч. в ночное время, а также оценить целесообразность централизации экстренной травматологической помощи и углубленную специализацию привлекаемых сотрудников.

Поскольку организация системы оказания экстренной травматологической помощи потребует пересмотра нормативов кадрового обеспечения и финансирования в системе обязательного медицинского страхования, целесообразно предварительно оценить ее эффективность, в т.ч. экономическую, на модели определенного лечебного учреждения путем сравнения с традиционной действующей системой.

#### **Сведения об авторе**

✉ Хоминец Владимир Васильевич — д-р мед. наук, профессор  
Адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6  
<https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>  
e-mail: vkhominets@yandex.ru

#### **Author's information**

✉ Vladimir V. Khominets — Dr. Sci. (Med.), Professor  
Address: 6, St. Petersburg, Akademika Lebedeva str., 194044 Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>  
e-mail: vkhominets@yandex.ru





## Рецидив гетеротопической оссификации в результате вывиха эндопротеза тазобедренного сустава: клинический случай

Г.А. Ефимов, М.А. Черкасов, М.Ю. Гончаров, Н.Н. Ефимов

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

**Актуальность.** Гетеротопическая оссификация (ГО) — это формирование зрелой кости в мягких тканях. ГО в области тазобедренного сустава может быть следствием как повреждения нервной системы, так и локальной травмы. После тотального эндопротезирования тазобедренного сустава ГО развивается в 30% наблюдений.

**Целью** публикации является демонстрация редкого клинического наблюдения пациента с рецидивом ГО после сложного первичного эндопротезирования тазобедренного сустава, сопровождающимся анкилозированием.

**Описание случая.** Пациент 32 лет поступил в клинику для ревизионного эндопротезирования тазобедренного сустава с диагнозом «застарелый вывих головки эндопротеза правого тазобедренного сустава, гетеротопическая оссификация» спустя 3 года после вывиха. Во время операции были сложности с выделением седалищного нерва, а также структур эндопротеза. Нами были удалены все оссификаты, которые препятствовали вывиху эндопротеза. У пациента наблюдалась невралгия седалищного нерва справа с поражением малоберцового и большеберцового нервов на фоне отека. Пациент был выписан на 21-й день. Представленный клинический случай интересен тем, что у пациента рецидив ГО мог быть обусловлен комбинацией различных факторов риска. С учетом того, что травма была получена в результате ДТП и у пациента имелся перелом костей контралатеральной голени, нельзя исключить эффект местной травмы тазобедренного сустава, усугубившей процесс.

**Заключение.** Данное клиническое наблюдение подчеркивает важность профилактики вероятных осложнений после операции и поддержания обратной связи с пациентами, особенно относящимися к группе высокого риска. Вполне вероятно, что при адекватной профилактике формирования ГО и своевременном вправлении вывиха описанных в статье проблем после первичного эндопротезирования удалось бы избежать.

**Ключевые слова:** гетеротопическая оссификация, эндопротезирование, вывих эндопротеза.

Ефимов Г.А., Черкасов М.А., Гончаров М.Ю., Ефимов Н.Н. Рецидив гетеротопической оссификации в результате вывиха эндопротеза тазобедренного сустава: клинический случай. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(2):97-104. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1691>.

✉ Ефимов Глеб Александрович; e-mail: [glebefimovv@gmail.com](mailto:glebefimovv@gmail.com)

Рукопись получена: 22.10.2021. Рукопись одобрена: 06.04.2022. Статья опубликована онлайн: 12.04.2022.

© Ефимов Г.А., Черкасов М.А., Гончаров М.Ю., Ефимов Н.Н., 2022



## Recurrence of Heterotopic Ossification as the Result of Total Hip Endoprosthesis Dislocation: A Case Report

Gleb A. Efimov, Magomed A. Cherkasov, Maksim Yu. Goncharov,  
Nicolay N. Efimov

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

**Background.** Heterotopic ossification (HO) is the formation of mature bone in soft tissues. HO in the hip area can be a consequence of both injury to the nervous system and local trauma. After total hip arthroplasty HO develops in 30% of cases.

**The aim of the study** is to demonstrate a rare clinical case of a recurrence of HO in patient after a primary total hip arthroplasty, accompanied by ankylosing.

**Case presentation.** A 32-year-old patient was admitted to the clinic for revision hip arthroplasty with a diagnosis «long-standing dislocation of the right hip joint endoprosthesis head, heterotopic ossification» 3 years after dislocation. During the surgery, there were difficulties with the sciatic nerve dissection, as well as the structures of the endoprosthesis. We removed all the ossifications that obstructed the dislocation of the endoprosthesis. The patient had sciatic nerve neuropathy on the right lower limb with lesions of the fibular and tibial nerves on the background of edema. The patient was discharged on the 21st day. The presented clinical case is interesting because the patient's relapse could be caused by a combination of various risk factors. Taking into account the fact that the injury was received as a result of an accident and the patient had a fracture of the bones of the contralateral shin, it could be the effect of a local hip injury that aggravated the process.

**Conclusions.** This clinical observation highlights the importance of preventing possible complications after surgery and maintaining feedback with patients, especially those belonging to the high-risk group. It is likely that with adequate prevention of the HO formation and timely reduction of dislocation, the problems described in the article after primary total hip arthroplasty could have been avoided.

**Keywords:** heterotopic ossification, hip arthroplasty, endoprosthesis dislocation.

---

**Cite as:** Efimov G.A., Cherkasov M.A., Goncharov M.Yu., Efimov N.N. [Recurrence of Heterotopic Ossification as the Result of Total Hip Endoprosthesis Dislocation: A Case Report]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2):97-104. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1691>.

✉ Gleb A. Efimov; e-mail: [glebefimovv@gmail.com](mailto:glebefimovv@gmail.com)

Submitted: 22.10.2021. Accepted: 06.04.2022. Published Online: 12.04.2022.

© Efimov G.A., Cherkasov M.A., Goncharov M.Yu., Efimov N.N., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Гетеротопическая оссификация (ГО) определяется как формирование зрелой пластинчатой кости в мягких тканях, обычно между мышцами и суставной капсулой [1]. Нейрогенная ГО возникает вследствие травм головного и/или спинного мозга. В частности, после черепно-мозговой травмы появление очагов формирования эктопической кости в областях вокруг крупных суставов регистрируют в 10–23% случаев, после повреждении спинного мозга — в 40–50%. Это патологическое состояние у мужчин наблюдается в 2,5 раза чаще, чем у женщин [2]. ГО области тазобедренного сустава может быть следствием как повреждения нервной системы, так и локальной травмы [3, 4].

В 1980–1990 гг. частота развития ГО доходила до 80%. Сообщалось о необходимости профилактического лечения в послеоперационном периоде нестероидными противовоспалительными средствами [5, 6].

Наибольшей популярностью в мире пользуется анатомо-морфологическая классификация ГО, предложенная A.F. Brooker с соавторами [7]:

Класс 1 — островки кости в мягких тканях вокруг бедра.

Класс 2 — костные шпоры, берущие начало от таза или проксимального отдела бедренной кости, оставляя не менее 1 см между противоположными поверхностями костей.

Класс 3 — костные шпоры, исходящие из таза или проксимального отдела бедренной кости, уменьшая расстояние между противоположными поверхностями кости менее 1 см.

Класс 4 — явный анкилоз костей бедра.

Описываемый нами случай относится к классу 4 по этой классификации.

**Целью** публикации является демонстрация редкого клинического наблюдения пациента с рецидивом ГО после сложного первичного эндо-

протезирования тазобедренного сустава, сопровождающимся анкилозированием.

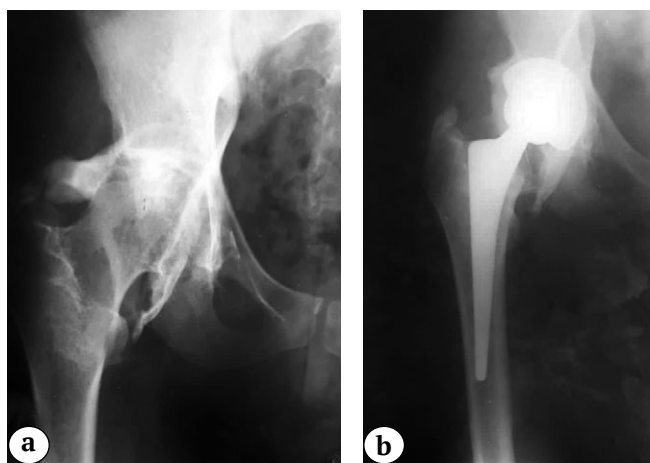
## Клиническое наблюдение

Молодой мужчина 32 лет с массой тела 76 кг при росте 176 см (ИМТ 24) поступил в марте 2021 г. для планового оперативного лечения в клинику с жалобами на периодические боли в области правого тазобедренного сустава, хромоту, выраженное ограничение амплитуды движений в суставе.

Из анамнеза известно, что в 2008 г. в ДТП пациент получил сочетанную травму: открытый перелом обеих костей левой голени и открытую черепно-мозговую травму. По месту жительства выполнялись трепанация черепа и ПХО раны левой голени, лечение перелома в гипсовой повязке. Пациент находился в коме в течение месяца. После восстановления сознания пациент обнаружил ограничение подвижности в правом тазобедренном суставе, общее снижение чувствительности по гемитипу в правой половине тела. В течение 10 лет прогрессировали болевой синдром и ограничение амплитуды движений в правом тазобедренном суставе. На рисунке 1а представлена рентгенограмма правого тазобедренного сустава, выполненная в 2018 г. в состоянии анкилоза на фоне гетеротопической оссификации.

В августе 2018 г. пациенту было выполнено тотальное эндопротезирование правого тазобедренного сустава (Zimmer Trilogy IT/CLS-Spotorno), пара трения — металл-кросслинк полиэтилен, головка 36/-3 мм) (рис. 1 б).

Пациент был выписан из клиники без осложнений, но в срок до 10 дней после вмешательства при присаживании на скамейку отметил болезненное смещение в области сустава, повлекшее нарушение опороспособности конечности. Пациент за медицинской помощью не обратился, продолжал ходить с подлокотными костылями. В дальнейшем в плановом порядке он обратился к травматологу-



**Рис. 1.** Рентгенограммы правого тазобедренного сустава:  
а — перед первым тотальным эндопротезированием тазобедренного сустава;  
б — после операции

**Fig. 1.** X-rays of the right hip joint:  
a — before the first total hip arthroplasty;  
b — after surgery

ортопеду по месту жительства, где был выявлен застарелый вывих головки эндопротеза, рекомендовано ревизионное эндопротезирование.

В марте 2021 г. пациент поступил в клинику НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена. На момент поступления пациент ходил с помощью одного подлокотного костыля с выраженной хромотой на правую нижнюю конечность. Движения в правом тазобедренном суставе в минимальном объеме (качательные), безболезненные, правое бедро находилось в положении фиксированной наружной ротации около  $35^\circ$ . Относительное укорочение правой нижней конечности составляло 2,5 см, осевая нагрузка не сопровождалась болевыми ощущениями. Функция правого тазобедренного сустава оценивалась в 27 баллов из 48 по Oxford Hip Score (OHS). Также пациент отмечал нарастание снижения чувствительности кожи правой нижней конечности в сравнении с противоположной стороной в течение последних 6 мес. До операции неврологом в стационаре был поставлен диагноз: посттравматическая энцефалопатия, последствия сочетанной травмы от 2008 г. с трепанацией черепа без судорожной готовности, правосторонний умеренный гемипарез, больше в нижней конечности. Ожидания пациента от оперативного лечения соответствовали 43 баллам по HSS (Hip replacement expectation survey).

При дополнительном обследовании в клинике на рентгенограммах был выявлен вывих головки эндопротеза с формированием костного ложа из гетеротопических оссификатов у передне-верхнего края вертлужного компонента, признаки расшатывания компонентов отсутствовали (рис. 2).

По данным КТ, ориентация вертлужного компонента составляла  $47^\circ$  фронтальной инклинации и  $20^\circ$  антеверсии, антеверсия бедренного компонента составила  $54^\circ$ , комбинированная версия компонентов —  $101^\circ$ .

После исключения инфекционного процесса пациенту было выполнено реэндопротезирование. При выполнении доступа мы увидели,

что отводящий аппарат бедра был умеренно истончен, с признаками частичного рубцового перерождения средней ягодичной мышцы, но без значимых дефектов. Для резекции гетеротопических оссификатов использовалась комбинация чрезъягодичного и заднего доступов. При выполнении чрезъягодичного доступа было выделено костное ложе вокруг головки эндопротеза, находящейся у передне-верхнего края вертлужной впадины. Костное ложе было вскрыто для мобилизации головки эндопротеза (рис. 3а, б). Затем через задний доступ были визуализированы оссификаты, выступающие над задним краем вертлужной впадины и в зоне расположения седалищного нерва (рис. 3с).

Седалищный нерв был также оссифицирован. Выполнены резекция оссификатов вокруг нерва, расширенный релиз проксимального отдела бедренной кости и резекция гетеротопических оссификатов, способных вызывать импинджмент кость-кость либо компонент-кость.

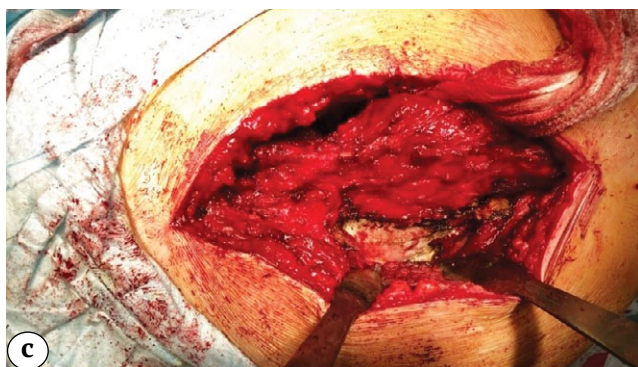
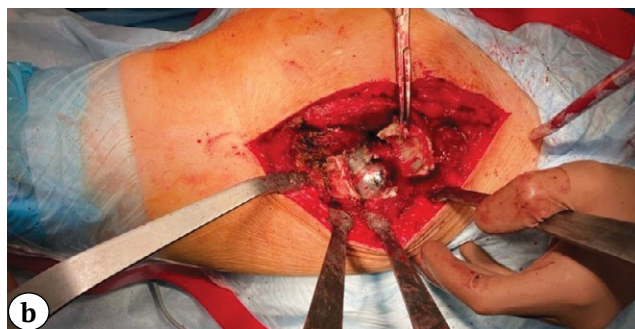
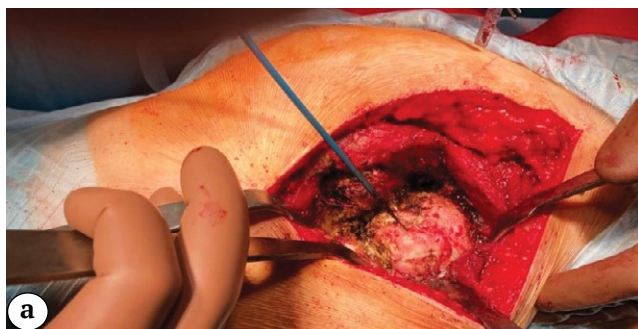
После выделения краев впадины было выявлено, что антилюксационный козырек вкладыша был ориентирован кзади, несмотря на избыточную комбинированную антеверсию компонентов. Изначальный план операции включал имплантацию компонента двойной мобильности в хорошо фиксированную чашку с помощью костного цемента, однако от данной тактики пришлось отказаться из-за избыточного натяжения мягких тканей, вызывавшего трудности при вправлении примерочных головок диаметром 36 мм. После имплантации нового вкладыша Zimmer Continuum Longevity в запираемый механизм чашки с ориентацией антилюксационного козырька кпереди-кверху и имплантации головки Zimmer VerSys 36/+0 мм (следующий размер в сравнении с удаленной головкой) была получена достаточная амплитуда движения в суставе до импинджмента. Достигнуто сгибание в тазобедренном суставе  $60^\circ$ , у пациента сохранялся мягкотканый компонент контрактуры. Тенденции к вывиху эндопротеза после вправления не наблюдалось (рис. 4). Длительность вмешательства составила 4 ч. 5 мин., интраоперационная кровопотеря — 700 мл.



**Рис. 2.** Рентгенограмма таза при поступлении: вывих головки эндопротеза с формированием костного ложа из гетеротопических оссификатов у передне-верхнего края вертлужного компонента, отсутствие признаков расшатывания компонентов эндопротеза

**Fig. 2.** X-ray of the pelvis at admission: dislocation of the endoprosthesis head the with the formation of a bone bed of heterotopic ossifications at the anterosuperior edge of the acetabulum component, no signs of loosening of the endoprosthesis components





**Рис. 3.** Этапы операции:  
 а — выделение оссификатов вокруг головки эндопротеза;  
 б — удаление оссификатов вокруг вывихнутой головки эндопротеза;  
 с — визуализация оссификатов

**Fig. 3.** Stages of the surgery:  
 а — dissection of ossifications around the head of the endoprosthesis;  
 б — removal of ossifications around the dislocated head of the endoprosthesis;  
 с — visualization of ossifications



**Рис. 4.** Рентгенограмма таза после ревизионной операции

**Fig. 4.** X-ray of the pelvis after revision surgery

После операции пациент отметил отсутствие активного тыльного сгибания правой стопы и нарушение чувствительности по переднебоковой поверхности бедра. Согласно заключению невролога, имелась невропатия седалищного нерва справа с поражением малоберцового нерва и большеберцового нерва на фоне отека. Пациент получал медикаментозную терапию и физиотерапевтическое лечение (миоритм-стимуляцию, магнитотерапию). За период лечения в стационаре была достигнута положительная динамика в виде появления парестезий в правой стопе. Пациент был вертикализован на 2-е сут. после операции.

Послеоперационная рана зажила первичным натяжением. Пациент был выписан на амбулаторное лечение на 21-е сут. с рекомендациями до-

зировать нагрузку на оперированную конечность с помощью костылей в течение 6 нед., далее с помощью трости — до 6 мес. Антибиотикопрофилактика и тромбопрофилактика проводились согласно локальным протоколам. В качестве медикаментозной профилактики ГО пациент получал целекоксиб 200 мг внутрь 2 раза в день со дня операции в течение 4 нед.

Через 5 мес. пациент был опрошен дистанционно. Функциональный статус сустава был оценен в 39 баллов (из 48) по OHS. У пациента за прошедший период отмечена невыраженная положительная динамика в состоянии седалищного нерва — активное тыльное сгибание стопы возможно в ограниченном объеме. Пациент в целом удовлетворен проведенным лечением: на момент опроса он ходил без дополнительной опоры, не испытывал значимых трудностей при ходьбе и уходе за собой.

### ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов, перенесших травму спинного мозга, ГО обычно формируется дистальнее уровня травмы, чаще всего вокруг тазобедренного сустава; ГО в мелких суставах встречается редко [8]. Пациенты с нарушением когнитивных функций, трахеостомой, пневмонией и/или инфекциями мочевыводящих путей подвержены более высокому риску развития ГО [9].

Клиническая картина ГО на начальных стадиях неспецифична. Многие случаи ГО протекают бессимптомно — пациенты могут жаловаться на воспалительные явления, включая боль, отек, эритему и повышение температуры тела, а также ограни-



чение амплитуды движения суставов, которые появляются в любое время, от 3 до 12 нед. после провоцирующего события; в дальнейшем может формироваться анкилоз сустава [10, 11].

Золотым стандартом диагностики ГО являются лучевые исследования, в основном рентгенография и компьютерная томография [12]. Их недостатком является неспособность обнаружить кальцификаты ранее 6 нед. после провоцирующей травмы [8]. Клиницисты часто обращаются к стандартной рентгенографии с последующим трехфазным сканированием костей, чтобы подтвердить диагноз ГО и установить степень и метаболическую активность этого оссифицирующего поражения. Трехфазная сцинтиграфия костей является наиболее чувствительным методом обнаружения ГО — диагностика возможна уже через 2,5 нед. после травмы [8, 13]. Метод также эффективен для мониторинга прогрессирования ГО и определения подходящего времени для проведения хирургического вмешательства. Активность при сканировании костей обычно достигает пика через несколько месяцев после провоцирующего события и возвращается к исходному уровню через 12 мес. Дифференциальная диагностика ГО подразумевает исключение таких состояний, как опухоль кальциноз, остеосаркома или дистрофический кальциноз [10].

Существует два основных подхода к лечению ГО области тазобедренного сустава: изолированная резекция оссификатов и резекция в сочетании с эндопротезированием. Выбор метода зависит от местоположения и размеров оссификатов, а также от степени поражения сустава. Чаще всего тактика лечения определяется интраоперационно: при возможности выполняется резекция оссификатов, при поражении основных источников кровоснабжения головки бедренной кости выполняется тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава [14].

При выборе резекции техника отличается от онкологической, так как необходимо удалять только оссификаты, которые вызывают ограничение подвижности, сдавление сосудов или нервов. Исчерпывающая резекция может увеличить риск рецидива и травматичность операции. Операция эндопротезирования высокоэффективна, однако даже для опытных хирургов данная категория пациентов представляет особую группу, которая требует опыта, знания особенностей патологии, возможностей дополнительной диагностики и технического обеспечения операций, а также индивидуальной программы реабилитации и профилактики рецидивов.

Представленный клинический случай интересен тем, что у описанного пациента рецидив ГО мог быть обусловлен комбинацией различных факторов риска. Также с учетом того, что травма была получена в результате ДТП и у пациента был

перелом костей контралатеральной голени, нельзя исключить эффект местной травмы тазобедренного сустава, усугубившей процесс. Проведенное пациенту в 2018 г. тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава также было сопряжено с высоким риском рецидива оссификации. Частота развития ГО после эндопротезирования тазобедренного сустава по данным литературы составляет 30% [3]. Но такие обстоятельства, как анкилоз сустава и наличие ГО в анамнезе, считаются факторами высокого риска формирования оссификатов [18]. К тому же в ранние сроки после операции у пациента произошел вывих головки эндопротеза, который сам по себе является значимой травмой и сопровождается формированием гематомы. Наконец, со слов пациента, в тот момент не проводилась никакая-либо профилактика ГО, несмотря на высокий риск ее формирования. С другой стороны, примечательно, что формирование опорного костного ложа вокруг головки эндопротеза позволило пациенту ходить с нагрузкой на оперированную конечность при наличии вывиха. Что касается развития вывиха головки эндопротеза, пациент также относился к группе повышенного риска ввиду имеющейся патологии нервной системы.

Отдельно стоит отметить, что первичное эндопротезирование было выполнено по поводу анкилоза тазобедренного сустава, существовавшего в течение 10 лет. В данной ситуации риск нестабильности сустава повышается за счет неадекватного натяжения мягких тканей и нарушения функции отводящего аппарата бедра — главного мягкотканного стабилизатора [15].

Для профилактики вывихов при первичном эндопротезировании были использованы два из доступных вариантов механической стабилизации: пара трения большого диаметра (36 мм) и вкладыш с антилюксационным валиком. Однако тот факт, что антилюксационный валик был ориентирован кзади, несмотря на избыточную достигнутую комбинированную антеверсию компонентов (то есть в зоне потенциального импинджмента шейка-вкладыш), указывает на технические сложности при эндопротезировании — в частности, нарушение ориентации вертлужного компонента на фоне ГО по периметру вертлужной впадины. На момент выполнения эндопротезирования приоритетными задачами являлись профилактика рецидива ГО и рецидива нестабильности. Изначально у нас не было цели удалить все оссификаты, однако для достижения подвижности в суставе пришлось иссечь почти все.

Для профилактики ГО, как правило, используются локализованная лучевая терапия [11] и медикаментозная — препараты из групп кортикостероидов (преднизон, дексаметазон) и НПВП (аспирин, индометацин, специфический ингибитор ЦОГ-2 — целекоксиб). Бисфосфонаты часто

являются препаратом выбора на более поздних стадиях ГО, когда формирование плотной костной ткани уже началось [16]. В данном случае пациенту был назначен целекоксиб, поскольку он обладает сходной эффективностью с индометацином при более редком развитии побочных эффектов на фоне продолжительного приема [17]. Также на госпитальном этапе неоднократно выполнялись пункции сустава для эвакуации гематомы.

Что касается стабильности сустава, реэндопротезирование по поводу вывихов сопряжено с высоким риском рецидива в случае сохранения компонентов, в частности вертлужного [18]. В представленном случае попытка ревизии вертлужного либо бедренного компонента была бы сопряжена с большей травматичностью вмешательства, что усугубило бы риск рецидива ГО и внесло дополнительные риски расшатывания вновь установленных компонентов. Установка чашки двойной мобильности с помощью цементной техники в хорошо фиксированный вертлужный компонент описана как эффективная методика, позволяющая не только предотвратить вывих за счет диаметра пары трения, но и частич-

но изменить взаиморасположение компонентов [19, 20]. Однако в представленном наблюдении натяжение тканей после низведения бедра не позволяло осуществить вправление системы большого диаметра, а дополнительные релизы были бы сопряжены с риском отрыва ключевых структур и формирования еще большей полости, заполняющейся гематомой. С другой стороны, можно предположить, что ограничение амплитуды движений в суставе за счет мягкотканного компонента контрактуры препятствовало выполнению пациентом опасны движений до формирования плотной псевдокапсулы, которые могли привести к вывиху.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное клиническое наблюдение подчеркивает важность профилактики вероятных осложнений после операции и поддержания обратной связи с пациентами, особенно относящимися к группе высокого риска. Вполне вероятно, что при адекватной профилактике формирования ГО и своевременном вправлении вывиха описанных в статье проблем после первичного эндопротезирования удалось бы избежать.

## 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.

**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 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.

**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]

- Ranganathan K., Loder S., Agarwal S., Wong V.C., Forsberg J., Davis T.A. et al. Heterotopic Ossification: Basic-Science Principles and Clinical Correlates. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(13):1101-1111. doi: 10.2106/JBJS.N.01056.
- Yolcu Y.U., Wahood W., Goyal A., Alvi M.A., Reeves R.K., Qu W. et al. Factors Associated with Higher Rates of Heterotopic Ossification after Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2020;195:105821. doi: 10.1016/j.clineuro.2020.105821.
- Zhu Y., Zhang F., Chen W., Zhang Q., Liu S., Zhang Y. Incidence and risk factors for heterotopic ossification after total hip arthroplasty: a meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(9):1307-1314. doi: 10.1007/s00402-015-2277-8.
- Kan S.L., Yang B., Ning G.Z., Chen L.X., Li Y.L., Gao S.J., Chen X.C. et al. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs as prophylaxis for heterotopic ossification after total hip arthroplasty. *Medicine (Baltimore).* 2015;94(18):e828. doi: 10.1097/MD.0000000000000828.

5. Kjaersgaard-Andersen P.K., Nafei A., Teichert G., Kristensen O., Schmidt S.A., Keller J. et al. Indomethacin for prevention of heterotopic ossification. A randomized controlled study in 41 hip arthroplasties. *Acta Orthop Scand.* 1993;64(6):639-642. doi: 10.3109/17453679308994587.
6. Mier P.D., van den Hurk J.J. Lysosomal hydrolases of the epidermis. I. Glycosidases. *Br J Dermatol.* 1975;93(1): 1-10. doi: 10.1111/j.1365-2133.1975.tb06468.x.
7. Brooker A.F., Bowerman J.W., Robinson R.A., Riley L.H. Jr. Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55(8):1629-1632.
8. Shehab D., Elgazzar A.H., Collier D.B. Heterotopic ossification. *J Nucl Med.* 2002;43(3):346-353.
9. Sullivan M.P., Torres S.J., Mehta S., Ahn J. Heterotopic ossification after central nervous system trauma: a current review. *Bone Joint Res.* 2013;2(3):51-57. doi: 10.1302/2046-3758.23.2000152.
10. Łęgosz P., Otworowski M., Sibilska A., Starszak K., Kotrych D., Kwapisz A. et al. Heterotopic Ossification: A Challenging Complication of Total Hip Arthroplasty: Risk Factors, Diagnosis, Prophylaxis, and Treatment. *Biomed Res Int.* 2019;2019:3860142. doi: 10.1155/2019/3860142.
11. Popovic M., Agarwal A., Zhang L., Yip C., Kreder H.J., Nousiainen M.T. et al. Radiotherapy for the prophylaxis of heterotopic ossification: a systematic review and meta-analysis of published data. *Radiother Oncol.* 2014;113:10-17. doi: 10.1016/j.radonc.2014.08.025.
12. Cholok D., Chung M.T., Ranganathan K., Ucer S., Day D., Davis T.A. et al. Heterotopic ossification and the elucidation of pathologic differentiation. *Bone.* 2018;109:12-21. doi: 10.1016/j.bone.2017.09.019.
13. Svircev J.N., Wallbom A.S. False-negative triple-phase bone scans in spinal cord injury to detect clinically suspect heterotopic ossification: a case series. *J Spinal Cord Med.* 2008;31:194-196. doi: 10.1080/10790268.2008.11760711.
14. Егиазарян К.А., Коробушкин Г.В., Сиротин И.В., Абилениец А.С., Юусибов Р.Р., Субботин Н.А. Клинический случай оперативного лечения приобретенной гетеротопической оссификации у пациента с тяжелой сочетанной травмой. *Политравма.* 2018;(2):75-81.  
Egiazaryan K.A., Korobushkin G.V., Sirotnin I.V., Abilemets A.S., Yuusibov R.R., Subbotin N.A. [A clinical case of surgical treatment of acquired heterotopic ossification in a patient with polytrauma]. *Polytravma [Polytrauma].* 2018; (2): 75-81. (In Russian).
15. Молодов М.А., Даниляк В.В., Ключевский В.В., Гильфанов С.И., Ключевский В.В., Вергай А.А. Факторы риска вывихов тотальных эндопротезов тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2013;(2):23-30. doi: 10.21823/2311-2905-2013-0-2-65-71.  
Molodov M.A., Danilyak V.V., Kluchevsky V.V., Gilfanov S.I., Kluchevsky V.V., Vergay A.A. [Risk factors for total hip arthroplasty dislocations]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii [Traumatology and Orthopedics of Russia].* 2013;19(2):23-30. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2013-0-2-65-71.
16. Vanden Bossche L.C., Van Maele G., Wojtowicz I., Bru I., Decorte T., De Muynck M. et al. Free radical scavengers versus methylprednisolone in the prevention of experimentally induced heterotopic ossification. *J Orthop Res.* 2009;27(6):748-751. doi: 10.1002/jor.20817.
17. Romanò C.L., Duci D., Romanò D., Mazza M., Meani E. Celecoxib versus indomethacin in the prevention of heterotopic ossification after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2004;19(1):14-18. doi: 10.1016/s0883-5403(03)00279-1.
18. Jo S., J.H. Jimenez Almonte J.H., Sierra R.J. The Cumulative Risk of Re-dislocation After Revision THA Performed for Instability Increases Close to 35% at 15 years. *J Arthroplasty.* 2015;30(7):1177-1182. doi: 10.1016/j.arth.2015.02.001.
19. Chalmers B.P., Ledford C.K., Taunton M.J., Sierra R.J., Lewallen D.G., Trousdale R.T. Cementation of a Dual Mobility Construct in Recurrently Dislocating and High Risk Patients Undergoing Revision Total Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018;33(5):1501-1506. doi: 10.1016/j.arth.2017.11.055.
20. Загородний Н.В., Бухтин К.М., Чрагян Г.А., Каграманов С.В., Галаев Х.И. Метод ревизии вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава без удаления ранее установленной чашки. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2014;(4):73-74. doi: 10.17816/vto20140473-74.  
Zagorodniy N.V., Bukhtin K.M., Chragyan G.A., Kagramanov S.V., Galaev Kh.I. [Revision of hip endoprosthesis acetabular component without removal of reviously implanted cup]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics].* 2014;(4):73-74. (In Russian). doi: 10.17816/vto20140473-74.

#### Сведения об авторах

✉ Ефимов Глеб Александрович

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0003-3310-0799>

e-mail: glebefimovv@gmail.com

Черкасов Магомед Ахмедович — канд. мед. наук

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

e-mail: dr.medik@gmail.com

Гончаров Максим Юрьевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-6435-7939>

e-mail: goncharov71@list.ru

Ефимов Николай Николаевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-1813-3421>

e-mail: efimov-n-n@mail.ru

#### Authors' information

✉ Gleb A. Efimov

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

<https://orcid.org/0000-0003-3310-0799>

e-mail: glebefimovv@gmail.com

Magomed A. Cherkasov — Cand. Sci. (Med.)

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

e-mail: dr.medik@gmail.com

Maksim Yu. Goncharov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-6435-7939>

e-mail: goncharov71@list.ru

Nicolay N. Efimov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-1813-3421>

e-mail: efimov-n-n@mail.ru



## Успешное протезирование при травматическом повреждении бедренных сосудов: клинический случай

С.А. Чернядьев<sup>1</sup>, А.Ю. Лещинская<sup>1,2</sup>, В.С. Бочегов<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> ГАУЗ СО «Территориальный центр медицины катастроф», г. Екатеринбург, Россия

**Актуальность.** Повреждение магистральных сосудов нередко сопровождается жизнеугрожающим кровотечением, стойкой утратой трудоспособности или летальным исходом. В современной литературе описаны лишь единичные случаи реконструктивных вмешательств при травме магистральных вен, недостаточно изучены их отдаленные результаты, мало информации о внедрении телемедицинских технологий в практику неотложной ангиохирургической помощи.

**Описание случая.** Представлены результаты оказания ангиохирургической помощи пострадавшему с диагнозом: рваная рана верхней трети правого бедра с разрывом общей бедренной вены и поверхностной бедренной артерии, развитие угрожающей ишемии правой нижней конечности; кровопотеря тяжелой степени; геморрагический шок IV степени. Тяжесть травмы: ВПХ СП 33; MESS 7. Оказание помощи пострадавшему проходило в несколько этапов. На первом этапе была выполнена остановка кровотечения, пациент выведен из геморрагического шока. Затем была проведена телемедицинская консультация, после чего было принято решение о включении в бригаду ангиохирурга. Была выполнена реконструктивная операция – протезирование бедренных сосудов. В пострадавшей конечности восстановлен магистральный венозный и артериальный кровоток. Пациент в удовлетворительном состоянии был выписан без признаков тромбоза.

**Заключение.** Соблюдение последовательных действий при оказании помощи пациенту с травмой сосудов позволяет не допустить развитие «смертельной триады» и фатального исхода. Применение телемедицинских консультаций предоставляет ангиохирургу возможность дистанционно оценить клиническую картину, тяжесть повреждения, обсудить последовательность и объем необходимой медицинской помощи по месту первичной госпитализации. Выполнение реконструктивных операций с использованием различных видов трансплантатов позволяет восстановить магистральный кровоток по поврежденным сосудам с хорошими ближайшим и отдаленным результатами.

**Ключевые слова:** повреждение сосудов, травма магистральных сосудов, рваная рана бедра, специализированная помощь, телемедицинские консультации.

Чернядьев С.А., Лещинская А.Ю., Бочегов В.С. Успешное протезирование при травматическом повреждении бедренных сосудов: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):105-113. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1762>.

Бочегов Вячеслав Сергеевич; e-mail: bochegov@list.ru

Рукопись получена: 04.04.2022. Рукопись одобрена: 23.05.2022. Статья опубликована онлайн: 31.05.2022.

© Чернядьев С.А., Лещинская А.Ю., Бочегов В.С., 2022





## Successful Prosthetics for Traumatic Femoral Vascular Injury: A Case Report

Sergey A. Chernyadyev<sup>1</sup>, Alla Yu. Leshchinskaya<sup>1,2</sup>, Vyacheslav S. Bochegov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Territorial Center for Disaster Medicine, Yekaterinburg, Russia

**Background.** Injury to the main vessels is often accompanied by life-threatening bleeding, permanent disability or death. In the modern literature, only isolated cases of reconstructive surgery for major vein injury are described, their long-term results are insufficiently studied, there is little information about the introduction of telemedicine technologies into the practice of emergency angiosurgical care.

**The aim of the study** is to demonstrate the immediate and long-term results of the joint work of trauma surgeons and angiosurgeons in helping a patient with injury to the main femoral vessels.

**Case presentation.** The results of treatment of the patient with the diagnosis: laceration of the upper third of the right thigh with rupture of the common femoral vein and superficial femoral artery and the development of threatening ischemia of the right lower limb; severe blood loss; hemorrhagic shock IV; severity of injury: VPH SP 33; MESS 7. Treatment of the patient took place in several stages. At the first of them, hemostasis was performed, the hemorrhagic shock was resolved. Further, the patient was consulted by an angiosurgeon through telecommunication technologies, after which it was decided to include an angiosurgeon in the surgical team. The prosthetics of femoral vessels was performed: the main venous and arterial blood flow was restored in the affected limb. The patient was discharged in a satisfactory condition with no signs of thrombosis.

**Conclusions.** Compliance with consistent actions in helping a patient with a vascular injury prevents the development of a «deadly triad» and a fatal outcome. The use of telemedicine consultations provides the angiosurgeon with the opportunity to remotely assess the clinical picture, the severity of the injury, discuss the sequence and volume of necessary medical care at the place of primary hospitalization. Performing reconstructive surgeries using various types of grafts allows you to restore the main blood flow through damaged vessels with good immediate and long-term results.

**Keywords:** vascular injury, artery and vein trauma, thigh laceration, specialized care, telemedicine consultation.

---

**Cite as:** Chernyadyev S.A., Leshchinskaya A.Yu., Bochegov V.S. [Successful Prosthetics for Traumatic Femoral Vascular Injury: A Case Report]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2): 105-113. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1762>.

✉ Vyacheslav S. Bochegov; e-mail: bochegov@list.ru

Submitted: 04.04.2022. Accepted: 23.05.2022. Published Online: 31.05.2022.

© Chernyadyev S.A., Leshchinskaya A.Yu., Bochegov V.S., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Частота открытых травматических поврежденных сосудов, по данным литературы, варьирует в диапазоне от 2,0 до 25,5% [1, 2, 3, 4]. По мнению R.W. Quan с соавторами, в 95% случаев они происходят в результате ранений [5]. К. Szaniewski с соавторами отмечают увеличение частоты повреждения магистральных сосудов вследствие воздействия огнестрельного оружия, колюще-режущих предметов, дорожно-транспортных происшествий [4]. Особое место в структуре причин травмы отводится повреждениям, возникшим в результате несчастных случаев на производстве. Ежегодно в мире регистрируется 340 млн таких происшествий различной степени тяжести, при этом летальность составляет 2,3 млн человек в год [6].

Известно, что повреждение двух и более магистральных сосудов сопровождается массивным кровотечением, нередко приводит к развитию рефрактерного геморрагического шока, летальному исходу, а также ампутации вследствие развития необратимой ишемии конечности [5, 7, 8].

До сих пор остается нерешенным вопрос о целесообразности восстановления магистрального венозного кровотока, особенно при массивных тяжелых ранениях. Основным видом операций при ранениях вен в 90% случаев является боковой шов сосуда [8, 9]. Повреждение венозного сосуда на протяжении требует выполнения реконструктивного вмешательства, а отсутствие необходимого трансплантата порою заканчивается лигированием.

В современной литературе описаны единичные случаи реконструктивных вмешательств при травме магистральных вен, недостаточно изучены их отдаленные результаты, мало информации о внедрении телемедицинских технологий в практику неотложной ангиохирургической помощи.

Мы представляем редкий клинический случай формирования аутовенозного кондукта для протезирования поврежденной венозной магистрали.

## КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациент 56 лет был доставлен в травматологический стационар ГАУЗ СО «ЦГКБ № 24» г. Екатеринбурга бригадой скорой медицинской помощи 09.04.2020 г. в терминальном состоянии, обусловленном геморрагическим шоком IV ст. по классификации Advanced Trauma Life Support (ATLS). Известно, что за 40 мин. до поступления при монтаже металлических строительных лесов пациент получил удар торцом железной балки (весом 30 кг) в верхнюю треть правого бедра с последующей потерей сознания. На догоспитальном этапе пациенту в области раны была наложена тугая давящая асептическая повязка, выполнено обезболивание наркотическими анальгетика-

ми, начата инфузия кристаллоидов и коллоидов с введением адреномиметиков прямого действия (норадреналин) из расчета 1 мкг/кг/мин. Общий объем инфузионной терапии бригадой скорой медицинской помощи составил 1000 мл.

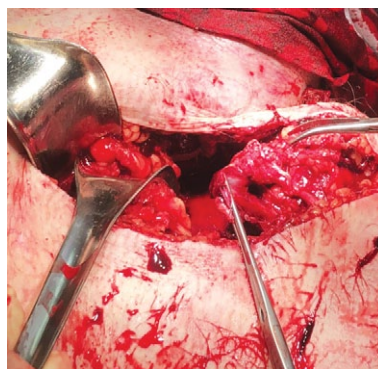
При объективном осмотре в приемном отделении травматологического стационара уровень сознания по шкале Глазго оценен в 10 баллов (сопор). Кожные покровы бледные, дыхание спонтанное, частота дыхательных движений — 28 в мин. Гемодинамические показатели нестабильные: пульс 90–120 уд./мин., АД — 40/0 мм рт. ст. В верхней трети правого бедра в проекции сосудисто-нервного пучка определялась рваная рана 30×20 мм с признаками продолжающегося кровотечения, объем кровопотери — 2500 мл (рис. 1). Правая нижняя конечность синюшная, прохладнее левой. Дистальнее раны пульсация не определялась, контрактуры в голеностопном суставе не было.

Показатели общего анализа крови: гемоглобин — 78 г/л, эритроциты —  $2,6 \times 10^{12}$ /л, гематокрит — 19%. Учитывая тяжесть состояния, обусловленную продолжающимся кровотечением, пациент транспортирован сразу в операционную. Дежурной бригадой травматологов выполнена ревизия бедренных сосудов в условиях эндотрахеального наркоза, выявлен разрыв сосудисто-нервного пучка правой паховой области. Кровотечение остановлено наложением кровоостанавливающих зажимов на проксимальные и дистальные концы сосудов (рис. 2).



**Рис. 1.** Рана с продолжающимся венозным кровотечением

**Fig. 1.** Wound with ongoing venous bleeding

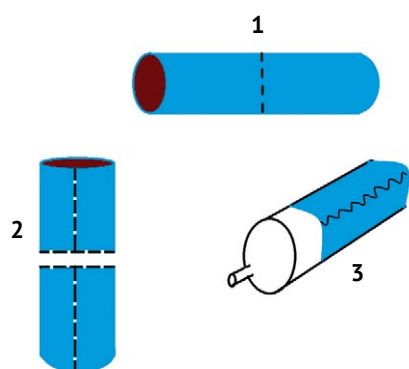


**Рис. 2.** Ревизия раны и остановка кровотечения

**Fig. 2.** Revision of the wound and stopping the bleeding

Была продолжена интенсивная терапия: введено 1500 мл кристаллоидов, 705 мл эритроцитарной взвеси, 400 мл свежезамороженной плазмы. Дежурным ангиохирургом Территориального центра медицины катастроф пациент был проконсультирован по защищенному каналу видеоконференцсвязи с дальнейшим решением о неотложном включении сосудистого хирурга в операционную бригаду. На момент прибытия ангиохирурга (1,5 ч. с момента получения травмы) состояние больного было стабилизировано: АД на уровне 110–130/90 мм рт. ст. с минимальными дозами вазопрессорной поддержки, ЧСС 80–90 уд./мин., анурия разрешилась. Ишемия правой нижней конечности оценена как угрожающая: кожный покров правой нижней конечности оставался бледным, стопа и голень гипотермичные, подкожные вены запустевшие, но контрактуры не было. Пациенту было начато оказание специализированной помощи. После иссечения и мобилизации концов поврежденных сосудов определялся диастаз на протяжении 5 см между артериальными концами и 4 см — между венозными.

С целью восстановления магистрального артериального кровотока, купирования острой ишемии поврежденной конечности принято решение в первую очередь выполнить протезирование поверхностной бедренной артерии, а в дальнейшем — и общей бедренной вены. При ревизии большой подкожной вены на левом бедре выявлен ее малый диаметр, в связи с чем было решено использовать протез кровеносного сосуда. Дефект поверхностной бедренной артерии замещен эксплантатом из политетрафторэтилена с наложением анастомозов по типу «конец в конец». Восстановлен магистральный пульсирующий кровоток на всех уровнях травмированной конечности. Для формирования аутовенозного кондуита общей бедренной вены подходящего диаметра использовали две части большой подкожной вены контралатеральной конечности, которая была забрана на протяжении 12 см. В дальнейшем оба участка большой подкожной вены рассечены продольно, а затем без реверсии сшиты между собой на цилиндре шприца объемом 5 мл (рис. 3).



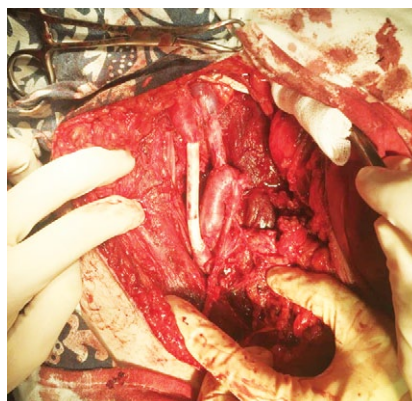
**Рис. 3.** Этапы формирования аутовенозного протеза из большой подкожной вены:

- 1 — разделение большой подкожной вены на два фрагмента;
- 2 — рассечение двух фрагментов большой подкожной вены вдоль;
- 3 — формирование венозного кондуита на цилиндре шприца

**Fig. 3.** Stages of an autovenous graft formation from a great saphenous vein:

- 1 — division of great saphenous vein into two fragments;
- 2 — dissection of two fragments of great saphenous vein along;
- 3 — formation of a venous conduit on a syringe cylinder

Затем была проведена гидравлическая дилатация трансплантата и сформированы анастомозы по типу «конец в конец» с общей бедренной веной (рис. 4).



**Рис. 4.** Протезирование общей бедренной вены сформированным аутовенозным кондуитом и поверхностной бедренной артерии эксплантатом  
**Fig. 4.** Prosthetics of the common femoral vein with the formed autovenous conduit and the superficial femoral artery with an explant

К окончанию оперативного лечения ишемия правой нижней конечности регрессировала, нарушений артериальной и венозной гемодинамики зафиксировано не было. Время ишемии травмированной конечности от момента травмы до полного восстановления кровотока составило 3,5 ч. За время операции общий объем трансфузии эритроцитарной взвеси составил 2081 мл, свежезамороженной плазмы — 1010 мл, кристаллоидов — 1750 мл.

В послеоперационном периоде, помимо инфузионной, проводилась компрессионная терапия, использовались лечебные дозы антикоагулянтов, а также проводилась антибактериальная профилактика.

На 10-е сут. послеоперационного периода у пациента на фоне симптомов инфицирования послеоперационной раны левого бедра развилась флегмона: фебрильная гипертермия, яркая гиперемия краев раны левой паховой области с распространением на область лона, серозно-гнойное



отделяемое. В общем анализе крови лейкоциты достигли уровня  $15,0 \times 10^9/\text{л}$ . Рана на правом бедре оставалась без признаков воспаления. Из травматологического стационара пациент был переведен в отделение гнойной хирургии. Рана левого бедра была успешно дренирована, вскрыт затек гноя в области лона.

Бактериологические исследования раневого отделяемого выявили рост грамотрицательной флоры — *Klebsiella pneumoniae* и *Proteus mirabilis*. С учетом чувствительности микроорганизмов была продолжена антибактериальная терапия препаратом широкого спектра действия — амоксициклав 1200 мг 3 раза в сут. внутривенно.

Еще через 10 дней пациент был выписан в удовлетворительном состоянии, заживление раны левого бедра проходило вторичным натяжением, без наложения швов. Рана на правом бедре оставалась без признаков инфицирования; по клиническим и ультразвуковым данным сохранялся магистральный артериальный и венозный кровоток. На амбулаторном этапе было рекомендовано соблюдение режима эластической компрессии конечности, прием лечебных доз прямых антикоагулянтов — ривароксабан 20 мг 1 раз в сутки. Пациент осматривался ангиохирургом через 3, 6 и 12 мес.

Через 3 мес. после выписки доза ривароксабана была снижена до 10 мг/сут., через 6 мес. препарат отменен, назначены малые дозы ацетилсалициловой кислоты (50 мг/сут.). Данные повторных клинических осмотров и контрольные ультразвуковые исследования демонстрировали сохранение магистрального кровотока по поврежденным сосудам (рис. 5).

Рецидивов инфекционного процесса не было. Трудоспособность пациента полностью восстановилась.

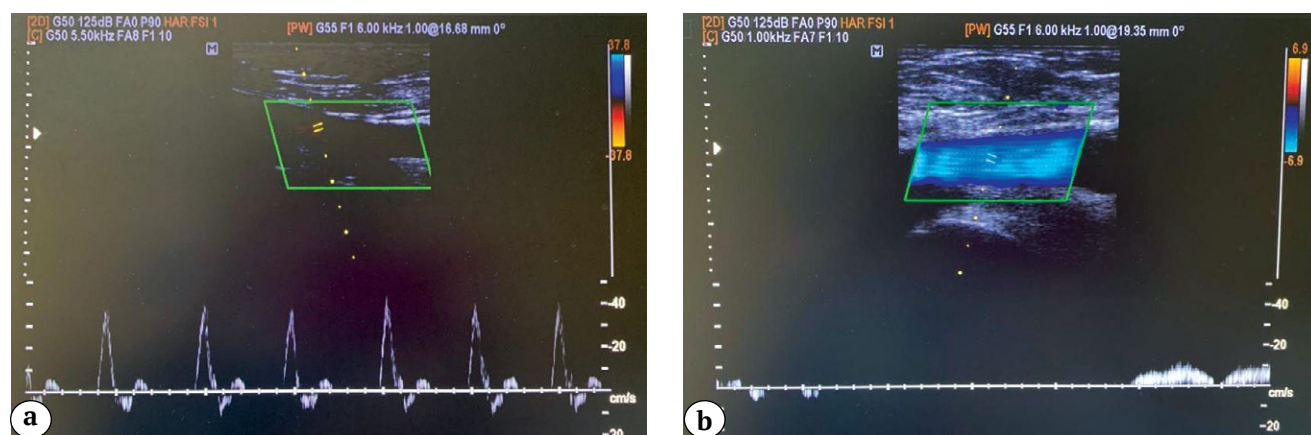
## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты лечения сочетанных ранений артерий и вен не слишком часто обсуждаются в современной литературе. Так, в PubMed с 2016 по 2022 г. мы встретили только 8 публикаций на эту тему. Для поиска использовали ключевые слова *combined injury veins, arteries; injury veins and arteries extremities; autovenous graft, telemedicine* [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Принципы оказания помощи пациентам с ранением вен и артерий разрабатывались и совершенствовались столетиями. До 1960–70-х гг. основным видом хирургического вмешательства была перевязка сосуда, особенно при повреждении венозной магистрали. По этому поводу еще Н.И. Пирогов во времена Крымской войны писал: «Раненые после перевязок больших сосудов большей частью умирают». Сам знаменитый хирург обладал самым большим опытом таких операций, выполнив их более 80, при этом 46% пациентов выздоровели [16].

Долгое время подобная тактика считалась правильной в условиях военно-полевой хирургии. Так, частота лигатурных операций во время Второй мировой войны достигала 97,5% случаев, а доля ампутаций превышала 40% [17, 18, 19]. Есть данные и о том, что не только лигирование артерий может приводить к нарушению жизнеспособности конечности, но и перевязка крупных магистральных вен способна вызывать развитие ишемических венозных тромбозов [1]. Доля лигирования вен до сих пор остается на высоком уровне и достигает 57%, а из восстановительных операций преобладает боковой шов [8].

На сегодняшний день методики протезирования артерий отработаны и широко используются на практике. Оптимальным пластическим



**Рис. 5.** Ультразвуковое дуплексное сканирование (контрольное исследование через 12 мес.): а — поверхностная бедренная артерия; б — общая бедренная вена

**Fig. 5.** Ultrasound duplex scanning (control study after 12 months): а — superficial femoral artery; б — common femoral vein

материалом для восстановления целостности магистральных сосудов, особенно при исходной микробной обсемененности раны и в молодом возрасте, является аутовена. Описано использование в качестве аутотрансплантата большой и малой подкожных вен нижних конечностей, а также головной и основной вен верхних конечностей [1, 4, 7]. Сосудистые протезы возможно применять при повреждении аорты или при отсутствии аутовены нужного диаметра в случаях ранения других сосудов.

Тяжелая травма — отнюдь не простая клиническая ситуация, для нее зачастую стандартные решения не подходят. Многое зависит от опыта хирурга. Представленный нами вариант замещения магистральной вены аутотрансплантатом впервые был описан в 1952 г. E.S. Hurwitt и A. Kantarowitz [20]. В 1979 г. А.Н. Веденским подробно изучены технические аспекты этой и других техник реконструктивной хирургии вен. Автор также отмечал и ряд недостатков: длительность операции и необходимость наложения продольного шва, объясняя этим редкое практическое использование описанной методики при травме [21].

К сожалению, стремление восстановить только артериальный магистральный кровоток, не принимая во внимание роль венозной системы в гемодинамике конечности, не всегда приводит к желаемому результату. Так, описаны случаи развития «синей флегмазии» при лигировании магистральных вен. А. Al-Ganadi указывает на важную роль восстановления крупных поврежденных венозных стволов конечностей при травме. Автор выполнял такие вмешательства в 77% случаев при сочетанном повреждении вен и артерий с достижением частоты ампутаций конечностей не более 5% [1]. Немаловажное значение в восстановлении магистрального артериального кровотока имеет время ишемии конечности. Критическим считаются 6–8 ч. от момента травмы, при этом в литературе отсутствуют данные о допустимом сроке восстановления венозных магистралей [7, 8, 22, 23]. У нашего пациента время до восстановления артериального и венозного кровотока с момента травмы составило 3,5 ч. Отсутствие венозных тромбозомболических осложнений на фоне лечебных дозировок антикоагулянтов помогло избежать в дальнейшем посттромботической болезни.

Известно, что наличие продолжающегося кровотечения и нестабильной гемодинамики свидетельствует о повреждении магистрального сосуда и значимой кровопотере, что может приводить к реализации «смертельной триады» [7].

Актуальные принципы хирургии повреждений сформулированы в концепции «damage control»: контроль над кровотечением, интенсивная терапия жизнеугрожающих состояний, нормализация

и стабилизация физиологических показателей пострадавшего с последующим специализированным оперативным вмешательством. При ранении сосудов эта концепция может быть реализована, в том числе путем временного протезирования магистральных сосудов [7, 24, 25].

В описанном нами клиническом наблюдении комплекс мероприятий, направленных на остановку кровотечения и быстрое выведение больного из шока, позволили предотвратить летальный исход. При проведении хирургической обработки раны использованы «мягкие» сосудистые зажимы. Временные шунты в данном случае не применялись в связи с возможностью выполнения реконструктивной операции в условиях травматологического стационара. D.V. Feliciano отмечает, что при правильном оказании первичной медицинской помощи, своевременной госпитализации пациента в специализированный травматологический стационар, использовании всех возможностей современной хирургии, анестезиологии и интенсивной терапии число ампутаций при сосудистой травме в мирное время не превышает 7,8% [19].

Диагностика сосудистой травмы основана на жалобах пациента, данных анамнеза, объективного осмотра и различных инструментальных методов исследования. Золотым стандартом обследования раненого признается компьютерная ангиография [7, 22, 23]. При терминальном состоянии пациента каждая секунда на особом счету, уровень, локализация и характер повреждения оцениваются интраоперационно.

В Свердловской области к оказанию помощи пациентам травматологических стационаров в случае повреждения магистральных сосудов привлекаются ангиохирурги Территориального центра медицины катастроф. В период с 2015 по 2020 г. совместно с травматологами выполнено 240 различных оперативных вмешательств у пациентов с ранением магистральных сосудов. С 2020 г. в практическую деятельность ангиохирургической службы внедрены дистанционные консультации с применением телемедицинских технологий. Использование визуализирующих методик в экстренных ситуациях дает возможность собрать максимально полный объем информации, оценить реальное состояние пострадавшего, обсудить технические возможности лечебного учреждения и принять решение о необходимости и сроках выполнения высокотехнологичного вмешательства. Развитие видеоконференцсвязи позволяет проводить первичные консультации, послеоперационные осмотры, динамическое наблюдение, а также консультировать операционную бригаду узкими специалистами. Телеконсультации широко используются в абдоминальной и эндокринной хирургии, травматологии



и урологической практике [26]. Но в доступной литературе мы не встретили данных об использовании телеконсультаций при лечении пациентов с ранением магистральных сосудов.

Безусловно, любое гнойное осложнение является поводом для тревоги врачей в связи с риском тромбозов, аррозивных кровотечений, генерализации инфекционного процесса. Летальность в случае развития таких осложнений может достигать 60% [25]. Развившееся нагноение послеоперационной раны левого бедра после забора аутовенозного трансплантата было диагностировано на 10-е сутки. Очаг дренирован, пациент пролечен антибактериальным препаратом широкого спектра действия с учетом чувствительности микрофлоры.

Представленный нами клинический случай еще раз демонстрирует, что квалифицированное оказание медицинской помощи пострадавшему с травмой магистральных сосудов важно на каждом этапе лечения: на месте травмы, на этапе транспортировки и госпитальном этапе. Адекватная первичная хирургическая обработка раны, грамотные действия анестезиологической бригады, применение стандартных и нестандартных методик протезирования магистральных сосудов, профилактика, своевременная диагностика и лечение

осложнений, а также приверженность пациента назначенному лечению позволяют не только спасти жизнь, но и добиться хороших отдаленных результатов, восстановить трудоспособность после тяжелого повреждения магистральных сосудов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Знание клинической картины при повреждении магистральных сосудов, адекватная оценка тяжести состояния пациента позволяют выбрать правильную хирургическую тактику в рамках современных научных представлений о сосудистой травме. Благодаря телемедицинским консультациям в режиме реального времени возможно получить наиболее полную информацию о пострадавшем, согласовать ведение пациента до приезда ангиохирурга, принять консилионное решение о необходимом объеме оперативного лечения на данном этапе. Мультидисциплинарный подход к оказанию помощи больным с травмой магистральных сосудов способствует применению более широкого спектра реконструктивных вмешательств. При стабилизации общего состояния пациента использование нестандартных методик формирования аутовенозного кондукта может быть рассмотрено в качестве альтернативы лигатурным вмешательствам.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### Заявленный вклад авторов

*Чернядьев С.А.* — разработка концепции исследования, интерпретация данных, редактирование текста статьи.

*Лещинская А.Ю.* — разработка концепции исследования, интерпретация данных, редактирование текста статьи.

*Бочегов В.С.* — сбор и анализ данных, написание текста статьи.

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

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

**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 фотографий.

## DISCLAIMERS

### Author contribution

*Chernyadyev S.A.* — research concept, interpretation of data, editing of the text.

*Leshchinskaya A.Yu.* — research concept, interpretation of data, editing of the text.

*Bochegov V.S.* — collecting, analyzing data, writing the text of the article.

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

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

**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]

- Al-Ganadi A. Management of Vascular Injury During Current Peaceful Yemeni Revolution. *Ann Vasc Surg.* 2015;29(8):1575-1580. doi: 10.1016/j.avsg.2015.06.075.
- Губочкин Н.Г., Гайдуков В.М., Микитюк С.И. Лечение пострадавших с огнестрельными ранениями и повреждениями магистральных сосудов конечностей. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* 2015;(4):38-41.  
Gubochkin N.G., Gaidukov V.M., Mikityuk S.I. [Treatment of patients with gunshot wounds and injuries of limb vessels]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2015;(4):38-41. (In Russian).
- Дубров В.Э., Гейрханов Ф.Г., Колтович А.П. Ранения магистральных сосудов при боевых термомеханических повреждениях. *Политравма.* 2020;(4):23-29. doi: 10.24411/1819-1495-2020-10042.  
Dubrov V.E., Gereykanov F.G., Koltovich A.P. [Wounds of magistral vessels in combat thermomechanical injuries]. *Polytravma* [Polytrauma]. 2020;(4):23-29. (In Russian). doi: 10.24411/1819-1495-2020-10042.
- Szaniewski K., Byrczek T., Sikora T. Vascular Trauma. In: *Emergency Medicine and Trauma.* Ed. by: Karcioğlu O., Eneyli M.G. London: IntechOpen; 2019. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/68195>. doi: 10.5772/intechopen.88285.
- Quan R.W., Adams E.D., Cox M.W., Eagleton M.J., Weber M.A., Fox C.J. et al. The management of trauma venous injury: civilian and wartime experiences. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther.* 2006;18(2):149-156. doi: 10.1177/1531003506293452.
- Лукьянчикова Т.Л., Ямщикова Т.Н., Клецова Н.В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир. *Экономика труда.* 2018;5(3):647-662. doi: 10.18334/et.5.3.39334.  
Lukyanchikova T.L., Yamshchikova T.N., Kletsova N.V. [Komparativistic Analysis of Production Traumatism: Russia and the World]. *Ekonomika truda* [Labor Economics]. 2018;5(3):647-662. (In Russian). doi: 10.18334/et.5.3.39334.
- Самохвалов И.М., Гончаров А.В., Рева В.А. Практическое руководство по Damage control. 2-е изд. Санкт-Петербург; 2020. с. 236-259.  
Samokhvalov I.M., Goncharov A.V., Reva V.A. [Practical guide to Damage control]. 2<sup>nd</sup> ed. Saint-Petersburg; 2020. p. 236-259. (In Russian).
- Manley N.R., Magnotti L.J., Fabian T.C., Cutshall M.B., Croce M.A., Sharpe J.P. Factors Contributing to Morbidity after Combined Arterial and Venous Lower Extremity Trauma. *Am Surg.* 2018;84(7):1217-1222.
- Williams T.K., Clouse W.D. Current concepts in repair of extremity venous injury. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2016;4(2):238-247. doi: 10.1016/j.jvsv.2015.07.003.
- Dauer E., Yamaguchi S., Yu D., Lu X., Kelley K., Sharpe J. et al. Major venous injury and large volume crystalloid resuscitation: A limb threatening combination. *Am J Surg.* 2020;219(1):38-42. doi: 10.1016/j.amjsurg.2019.10.011.
- Ratnayake A.S., Samarasinghe B., Bala M. Challenges encountered and lessons learnt from venous injuries at Sri Lankan combat theatres. *J R Army Med Corps.* 2017;163(2):135-139. doi: 10.1136/jramc-2016-000649.
- Xu Y., Xu W., Wang A., Meng H., Wang Y., Liu S. et al. Diagnosis and treatment of traumatic vascular injury of limbs in military and emergency medicine: A systematic review. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(18):e15406. doi: 10.1097/MD.00000000000015406.
- Al-Zoubi N.A., Shatnawi N.J., Khader Y., Heis M., Aleshawi A.J. Predictive Factors for Failure of Limb Salvage in Blunt Leg Trauma Associated with Vascular Injuries. *J Emerg Trauma Shock.* 2021;14(2):80-85. doi: 10.4103/JETS.JETS\_37\_20.
- Reddy N.P., Rowe V.L. Is It Really Mandatory to Harvest the Contralateral Saphenous Vein for Use in Repair of Traumatic Injuries? *Vasc Endovascular Surg.* 2018;52(7):548-549. doi: 10.1177/1538574418781124.
- Altun G., Pulathan Z., Hemsinli D. Use of the autologous spiral vein graft: a two-stage iliac bypass in a potentially fatal case of pelvic trauma and contaminated tissues. *Nagoya J Med Sci.* 2019;81(2):331-336. doi: 10.18999/nagjms.81.2.331.
- Покровский А.В., Глянцев С.П. Избранные страницы истории сосудистой хирургии в России (вклад отечественных хирургов в мировую сосудистую хирургию). *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2014;20(2):10-20.  
Pokrovsky A.V., Glyantsev S.P. [Selected pages of history of vascular surgery in Russia]. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya* [Angiology and Vascular Surgery]. 2014;20(2):10-20. (In Russian).
- Роостар Л. Боевые огнестрельные ранения. Т. II. Сердце. Кровеносные сосуды. Тарту; 1993. с. 24-105.  
Roostar L. [Combat gunshot wounds. Vol. II. Heart. Blood vessels]. Tartu; 1993. p. 24-105. (In Russian).
- Abou Ali A.N., Salem K.M., Alarcon L.H., Bauza G., Pikoulis E., Chaer R.A. et al. Vascular Shunts in Civilian Trauma. *Front Surg.* 2017;4:39. doi: 10.3389/fsurg.2017.00039.
- Feliciano D.V. For the patient-Evolution in the management of vascular trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017; 83(6):1205-1212. doi: 10.1097/TA.0000000000001689.
- Hurwitt E.S., Kantarowitz A. The contraction of fresh autogenous arterial grafts. Use of the splenic artery to bridge a gap in the aorta. *Surgery.* 1952;32(1):76-88.
- Веденский А.Н. Пластические и реконструктивные операции на магистральных венах. Ленинград: Медицина; 1979. с. 39-65.  
Vedensky A.N. [Plastic and reconstructive operations on the main veins]. Leningrad: Medicine; 1979. p. 39-65. (In Russian).
- Сорока В.В. Ранение сосудов: от мастерства к науке. Санкт-Петербург: Авторский тираж; 2013. с. 321-383.  
Soroka V.V. [Injury of blood vessels: from skill to science]. Saint-Petersburg; 2013. p. 321-383. (In Russian).
- Феличано Д.В., Маттокс К.Л., Мур Э.Е. Травма. Под ред.: Л.А. Якимова, Н.Л. Матвеева. Москва: Изд-во Панфилова, Бином; 2013. Т. 2. с. 1073-1112.  
Feliciano D.V., Mattox K.L., Moore E.E. [Trauma]. Ed. by: Yakimova L.A., Matveeva N.L. Moscow: Panfilov Publishing House, Binom; 2013. Vol. 2. p. 1073-1112. (In Russian).
- Hirshberg A., Mattox K.L. Top Knife. Germany: Springer; 2006. p. 11-17.
- Benz D., Balogh Z.J. Damage control surgery: current state and future directions. *Curr Opin Crit Care.* 2017;23(6): 491-497. doi: 10.1097/MCC.0000000000000465.
- Zheng F., Park K.W., Thi W.J., Ro C.C., Bass B.L., Yeh M.W. Financial implications of telemedicine visits in an academic endocrine surgery program. *Surgery.* 2019;165(3):617-621. doi: 10.1016/j.surg.2018.08.017.

**Сведения об авторах**

✉ *Бочегов Вячеслав Сергеевич*

Адрес: Россия, 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3

<https://orcid.org/0000-0003-3708-8221>

e-mail: bochegov@list.ru

*Чернядьев Сергей Александрович* — д-р мед. наук,  
профессор

<http://orcid.org/0000-0003-4207-1862>

e-mail: chsa-surg@mail.ru

*Лещинская Алла Юрьевна* — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-5815-3486>

e-mail: allales75@mail.ru

**Authors' information**

✉ *Vyacheslav S. Bochegov*

Address: 3, Repina str., Ekaterinburg, 620028, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-3708-8221>

e-mail: bochegov@list.ru

*Sergey A. Chernyadyev* — Dr. Sci. (Med.), Professor

<http://orcid.org/0000-0003-4207-1862>

e-mail: chsa-surg@mail.ru

*Alla Yu. Leshchinskaya* — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-5815-3486>

e-mail: allales75@mail.ru



## Восполнение дефицита кожного покрова после субтотальной апоневрэктомии при контрактуре Дюпюитрена тяжелой степени: обзор литературы

Х.К. Идрисов<sup>1</sup>, Л.А. Родоманова<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> ФБГОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Одной из существенных проблем хирургического лечения контрактуры Дюпюитрена является дефицит кожного покрова при ушивании раны после субтотальной апоневрэктомии. Существует множество вариантов пластики кожи, однако нет единого мнения о доступе к измененному ладонному апоневрозу и о выборе способа замещения дефектов мягких тканей с учетом тяжести заболевания и количества лучей, вовлеченных в патологический процесс. Целью обзора является сравнительный анализ методов пластического восполнения дефицита кожи после субтотальной апоневрэктомии у пациентов с III–IV степенью заболевания. В обзоре анализируются различные тактики лечения, включая предварительное дистракционное устранение контрактуры в аппарате внешней фиксации с последующей апоневрэктомией, а также различные способы пластического замещения дефектов кожи, образующихся после иссечения измененных участков ладонного апоневроза и устранения контрактуры. На ранних стадиях заболевания достаточно Z- и V-Y-пластики. У пациентов с тяжелой степенью заболевания приходится использовать более сложные методики из-за больших дефектов кожи, которые невозможно укрыть местными тканями. Каждый из предлагаемых способов хирургического лечения имеет свои преимущества и недостатки. Анализ литературы показал, что самой распространенной методикой восполнения дефицита мягких тканей после апоневрэктомии является Z-пластика. Однако по мере увеличения степени тяжести заболевания ее эффективность снижается.

**Ключевые слова:** ладонный фиброматоз, контрактура Дюпюитрена, болезнь Дюпюитрена, пластика кожи, субтотальная апоневрэктомия.

Идрисов Х.К., Родоманова Л.А. Восполнение дефицита кожного покрова после субтотальной апоневрэктомии при контрактуре Дюпюитрена тяжелой степени: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):114-123. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1767>.

Идрисов Хасан Кюриевич; e-mail: idrisovkhasan@yandex.ru

Рукопись получена: 13.04.2022. Рукопись одобрена: 16.05.2022. Статья опубликована онлайн: 30.05.2022.

© Идрисов Х.К., Родоманова Л.А., 2022





## Skin Closure After Subtotal Aponeurectomy in Severe Dupuytren's Contracture: Review

Khasan K. Idrisov<sup>1</sup>, Liubov A. Rodomanova<sup>1,2</sup>

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

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

One of the significant problems of surgical treatment of Dupuytren's contracture is skin deficiency after subtotal aponeurectomy. There are many options for skin grafting after subtotal aponeurectomy. However, there is no consensus on surgical approach to an altered palmar aponeurosis and on the choice of method for replacing soft tissue defects, taking into account the severity of the disease and the number of rays involved in the pathological process. The aim of the study was a comparative analysis of skin plasty methods after subtotal aponeurectomy in patients with Dupuytren's contracture stages III–IV. The review analyzes various treatment tactics, including preliminary distraction elimination of contracture in the external fixation devices followed by aponeurectomy, as well as various methods of skin plasty methods formed after excision of altered areas of palmar aponeurosis and elimination of contracture. In the early stages of the disease, Z- and V-Y plasty are sufficient. In patients with severe degree of the disease, more complex techniques have to be used due to large skin defects that cannot be covered with local tissues. Each of the proposed methods of surgical treatment has its advantages and disadvantages. An analysis of the literature has shown that the most common method of soft tissue plasty after aponeurectomy is Z-plasty. However, as the severity of the disease increases, its effectiveness decreases. To date, there is no consensus regarding surgical approach to an altered palmar aponeurosis and the choice of technique for soft tissue plasty in the Dupuytren's contracture stages III–IV.

**Keywords:** palmar fibromatosis, Dupuytren's contracture, Dupuytren's disease, skin plasty, subtotal aponeurectomy.

**Cite as:** Idrisov Kh.K., Rodomanova L.A. [Skin Closure After Subtotal Aponeurectomy in Severe Dupuytren's Contracture: Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2022;28(2): 114-123. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-1767>.

✉ Khasan K. Idrisov; e-mail: [idrsovkhazan@yandex.ru](mailto:idrsovkhazan@yandex.ru)

Submitted: 13.04.2022. Accepted: 16.05.2022. Published Online: 30.05.2022.

© Idrisov Kh.K., Rodomanova L.A., 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Лечение контрактуры Дюпюитрена III–IV ст. является сложной задачей для специалистов, так как после апоневрэктомии и устранения контрактуры суставов пальцев образуются дефекты кожи значительных размеров, которые нуждаются в пластическом замещении [1]. Существует множество вариантов пластики кожи после субтотальной апоневрэктомии. Однако нет единого мнения о доступе к измененному ладонному апоневрозу и выборе способа замещения дефектов мягких тканей с учетом тяжести заболевания и количества лучей, вовлеченных в патологический процесс [2].

По мнению зарубежных и отечественных специалистов, золотым стандартом лечения контрактуры Дюпюитрена является субтотальная апоневрэктомия [3, 4]. Несмотря на это, в последние десятилетия появляется все больше статей, посвященных миниинвазивным методикам лечения (игольная апоневротомия, ферментативная апоневротомия) [5, 6]. В первую очередь это связано с большим количеством ранних и поздних послеоперационных осложнений, которые колеблются в диапазоне от 3,6 до 46,0%, а также со сложностью пластического этапа операции при больших дефектах кожи [7, 8, 9]. Несмотря на то, что количество осложнений миниинвазивных способов лечения меньше (1–2%), частота рецидивов при их использовании составляет 80–90% в течение первых трех лет после манипуляции, тогда как при субтотальной апоневрэктомии количество рецидивов достигает 34% [5, 6, 7, 8, 9].

Учитывая длительность существования контрактуры при выраженной степени заболевания, которая может достигать 10–15 лет от момента появления первых признаков до обращения пациента за помощью, кожа по ладонной поверхности кисти неизбежно сокращается, что определяет необходимость восполнения ее дефицита после устранения контрактуры. При планировании оперативного вмешательства хирургу необходимо предусмотреть решение нескольких вопросов: 1) какой выбрать доступ; 2) как избежать некроза кожи при ее отслойке; 3) каким способом заместить сформировавшийся дефект кожи?

На сегодняшний день среди специалистов нет единого мнения о способе замещения дефектов кожи кисти после апоневрэктомии при III–IV ст. заболевания.

*Целью обзора* является сравнительный анализ различных методов пластического восполнения дефицита кожи после субтотальной апоневрэктомии у пациентов с III–IV ст. заболевания.

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

На сегодняшний день распространенность болезни Дюпюитрена сильно варьирует. В разных странах данные о заболеваемости отличаются [10]. По данным центров хирургии кисти Великобритании, встречаемость контрактуры Дюпюитрена составляет 32,5 на 100 000 населения в год [11], в Германии составляет 20% от всех заболеваний кисти, в России — 11,8%, во Франции — 8,8%, а в США — всего 2–3% [12]. Наибольшая распространенность данной патологии наблюдается в Скандинавии, где достигает 46% в группе лиц старше 60 лет [13], а наименьшая встречаемость обнаружена среди лиц африканского и азиатского происхождения [13, 14, 15, 16, 17]. Столь широкий диапазон значений в основном зависит от этнической принадлежности, пола и возраста пациентов. В абсолютном большинстве случаев (92–96%) поражению ладонным фиброматозом подвержены пациенты мужского пола среднего и пожилого возраста [18, 19].

У 67% больных, занимающихся ручным трудом, быстрое прогрессирующее течение этого заболевания приводит к выраженным нарушениям профессиональной деятельности, а в 3% наблюдений — к стойкой инвалидности, что является проблемой не только медицинской, но и социально-экономической [20, 21].

Помимо наиболее распространенной формы контрактуры Дюпюитрена, многие специалисты выделяют особый тип данной патологии, известный как фиброзный диатез, или диатез Дюпюитрена. Эта форма заболевания характеризуется более агрессивным течением, проявляется в молодом возрасте, поражает несколько пальцев и лучевую сторону кисти, носит двусторонний характер. Для него свойственно наличие узелков на тыльной поверхности межфаланговых суставов (чаще проксимальных межфаланговых суставов — ПМФС), так называемых подушечек Garrod; положительный семейный анамнез (наличие данного заболевания у близких родственников — отец, мать и т.д.); сочетание с болезнями Пейрони и Леддерхозе; склонность к рецидивированию и прогрессированию [22, 23].

## КЛАССИФИКАЦИИ

Основными критериями классификации ладонного фиброматоза являются локализация патологического процесса на кисти и степень выраженности сгибательной контрактуры пястно-фаланговых и межфаланговых суставов пальцев кисти, вовлеченных в патологический процесс [24].

В 1993 г. А.М. Волкова предложила свою классификацию контрактуры Дюпюитрена по следующим параметрам:

1. По распространенности:

– пальцевая форма, для которой характерна сгибательная контрактура ПМФС и разгибательная контрактур дистального межфалангового сустава (ДМФС);

– ладонная форма, для которой характерна сгибательная контрактура пястно-фалангового сустава (ПФС);

– смешанная форма (ладонно-пальцевая), при которой изменения наблюдаются как на ладони, так и на пальцах кисти.

2. По степени сгибательной контрактуры: I ст. — 0–70°; II ст. — 71–139°; III ст. — 140° и более.

3. По клиническому течению (первичная форма, вторичная — рецидив, смешанная — рецидив и прогрессирование) [25].

Однако чаще используют классификацию, предложенную R. Tubiana, как наиболее приемлемую и удобную [26]. В этой классификации выделено пять степеней заболевания:

– 0 степень — наличие клинических признаков болезни в виде узлов на ладони без контрактуры пальцев;

– I степень — суммарная сгибательная контрактура пальцев от 0 до 45°;

– II степень — суммарная сгибательная контрактура пальцев от 45 до 90°;

– III степень — суммарная сгибательная контрактура пальцев от 90 до 135°;

– IV степень — суммарная сгибательная контрактура пальцев более 135° [26, 27].

Обе классификации похожи и учитывают только суммарную контрактуру суставов пальцев кисти, при этом ни одна из них не принимает во внимание количество вовлеченных лучей, что также определяет тяжесть заболевания.

А.В. Жигало с соавторами предложили классификацию контрактуры Дюпюитрена, которая учитывает все особенности данного заболевания (степень, форму, количество пораженных лучей) [28]. Авторы разделили классификацию на следующие параметры:

1) по локализации патологического процесса: правая кисть, левая кисть, обе кисти;

2) по поражению лучей ладонного апоневроза: 1-й луч, 2-й луч, 3-й луч, 4-й луч, 5-й луч;

3) по вовлеченным в контрактуру суставам пальца: ПФС (MCP) — ладонная форма (Palma); ПМФС (PIP) или ДМФС (DIP) — пальцевая форма (Digitus); ПФС (MCP) + ПМФС (PIP), либо ДМФС (DIP) — ладонно-пальцевая форма (PD); ПФС (MCP) + ПМФС (PIP) + ДМФС (DIP) — тотальная форма (Total);

4) по степени выраженности контрактуры: 0 — узлы/тяжи на ладони; 0I — ограничение пере-

разгибания; I степень (0–45°); II степень (45–90°); III степень (90–135°); IV степень (135–180°).

Для объяснения данной классификации авторы привели клинический пример со стандартной формулировкой диагноза и с кодировкой по предложенному варианту: контрактура Дюпюитрена левой кисти III степени с преимущественным поражением 5-го луча, ладонно-пальцевая форма — контрактура Дюпюитрена левой кисти III степени (L5C-PD-III). По мнению авторов, использование предложенной кодировки диагноза контрактуры Дюпюитрена позволяет сэкономить время при заполнении медицинской документации, делает диагноз понятным на любом языке, что упрощает общение специалистов из разных стран [28]. Однако данная классификация на сегодняшний день не нашла широкого применения.

### СПОСОБЫ ЛЕЧЕНИЯ КОНТРАКТУРЫ ДЮПЮИТРЕНА

Лечение контрактуры Дюпюитрена крайней степени выраженности является сложной задачей. Предложены различные тактики лечения пациентов данной категории. В целом все варианты лечения контрактуры Дюпюитрена можно разделить на хирургические (открытые), миниинвазивные (закрытые) методики и консервативные. Но поскольку наш обзор посвящен способам замещения дефектов кожи после апоневрэктомии, то мы будем анализировать только хирургические методики. Среди хирургических способов лечения контрактуры Дюпюитрена выделяют радикальную (тотальную), сегментарную и субтотальную (частичную) апоневрэктомии [7, 29].

*Радикальная апоневрэктомия* — это единственный способ, имеющий только историческое значение. Данный метод использовали в 1950–1960-е гг. Суть метода заключалась в полном удалении всего ладонного апоневроза (нормального и измененного) на кисти и пальцах с целью предотвращения рецидивирования и прогрессирования заболевания. Тем не менее данная операция не нашла широкого применения из-за большого количества осложнений, таких как послеоперационная гематома, длительное заживление раны, комплексный регионарный болевой синдром, которые приводили к увеличению продолжительности реабилитации.

При *сегментарной апоневрэктомии* иссекают небольшой фрагмент (до 1 см) измененной ткани через С-образный или линейный разрез кожи по ходу патологического тяжа. Это позволяет сформировать дефект между концами тяжа, что исключает возможность их сращения и последующей контракции. Показанием к использованию данной методики является контрактура Дюпюитрена I–II ст. с преимущественным поражением ПФС,

при которой исключается необходимость пластики кожи после апоневрэктомии. При этом удается устранить контрактуру с минимальными послеоперационными рисками и коротким периодом восстановления [30].

*Субтотальная апоневрэктомия* в настоящее время является самым распространенным способом хирургического лечения контрактуры Дюпюитрена. Доступ к измененным участкам апоневроза осуществляют через разрезы кожи различной формы и протяженности [3, 4, 6]. В большинстве случаев раны стараются ушивать первично, но при наличии дефицита кожи ряд авторов оставляют отдельные участки ран открытыми для вторичного заживления [31, 32, 33], в частности при выполнении апоневрэктомии по методике С.Р. McCash, предложенной в 1964 г. [34].

Авторы, предпочитающие такую тактику, отмечают снижение количества осложнений, связанных с послеоперационной гематомой и инфицированием ран. Однако эти пациенты требуют длительного наблюдения, частых перевязок; кроме того, процесс реабилитации затягивается в связи с длительным заживлением ран на кисти [35].

Частота осложнений после субтотальной апоневрэктомии колеблется от 6% до 46% (повреждение нервов, артерий, инфекционные осложнения, послеоперационная гематома, комплексный регионарный болевой синдром и др.) [36]. Одной из причин большого количества осложнений, помимо возраста и сопутствующей патологии, является обращение пациентов за помощью на поздней стадии заболевания, когда наступает значительное ограничение функции кисти [37]. В исследовании N.W. Vulstrode с соавторами показана прямая корреляционная зависимость количества осложнений от степени заболевания — наибольшее их число наблюдается в группе пациентов с III–IV ст. [38].

Учитывая все вышесказанное, специалистам требуется решить несколько проблем:

- 1) дефицит кожи, возникающий после устранения контрактуры тяжелой степени;
- 2) коррекция контрактуры ПМФС, обусловленной вторичными изменениями параартикулярных тканей;
- 3) профилактика послеоперационных осложнений. С учетом проблем, возникающих при субтотальной апоневрэктомии при выраженной степени заболевания, описано два варианта решения перечисленных проблем:

1) дистракционный способ устранения контрактуры с последующей апоневрэктомией;

2) одномоментное устранение контрактуры суставов пальцев с последующим замещением дефектов кожи кисти.

### **Этапное лечение контрактуры Дюпюитрена тяжелой степени (III–IV ст.)**

Двухэтапная методика основана на устранении контрактуры суставов пальца методом дистракции в аппарате внешней фиксации. Постепенная дистракция позволяет уменьшить степень контрактуры за счет растяжения кожи и параартикулярных структур. Вторым этапом выполняется апоневрэктомия. Предложено множество вариантов аппаратов внешней фиксации — такой подход помогает избежать необходимости пластического замещения и избежать артролиза суставов [39, 40].

Эта методика, несомненно, имеет свои преимущества, которые заключаются в постепенном удлинении кожи и параартикулярных тканей, что облегчает выполнение субтотальной апоневрэктомии, но не исключает необходимости пластики. Несмотря на это, длительная дистракция в аппарате внешней фиксации сопряжена с риском осложнений, таких как инфекционные (спицевой, стержневой остеомиелит), ограничение подвижности в ПМФС, разрывы кожи. Кроме того, лечение занимает длительный период времени, что увеличивает затраты и способствует снижению удовлетворенности пациентов. В настоящее время данная методика не нашла широкого применения.

### **Одноэтапное лечение контрактуры Дюпюитрена**

Способы замещения дефектов кожи кисти после апоневрэктомии можно разделить на следующие виды: использование свободного полнослойного кожного трансплантата, местная кожная пластика и регионарные лоскуты [41, 42, 43, 44, 45].

#### *Пластика полнослойным кожным трансплантатом*

При рецидиве контрактуры либо диатезе Дюпюитрена у молодых пациентов некоторые специалисты предпочитают использовать полнослойный кожный трансплантат (ПКТ) с целью восполнения дефицита кожи после устранения контрактуры сустава пальца. Ряд исследований показали, что кожа из другого участка тела, в которой нет миофибробластов, участвующих в формировании патологических изменений в апоневрозе, препятствует прогрессированию заболевания, создавая своего рода преграду, известную в зарубежной литературе как “firebreak” [46, 47, 48].

A.S. Ullah с соавторами провели проспективное рандомизированное исследование, целью которого являлась оценка количества рецидивов контрактуры ПМФС после дермофасциэктомии и замещения дефектов кожи ПКТ. В исследование вошли 79 пациентов. Контрактура ПМФС соста-



вила в среднем  $59^\circ$ , а ПФС —  $21^\circ$ . Пациенты были разделены на две группы: в первую вошли 39 обследуемых, которым после апоневрэктомии была выполнена Z-пластика, а во вторую — 40 пациентов, которым после дермофасциэктомии была выполнена ПКТ. Проводилась субъективная и объективная оценка функции кисти в периоды 3, 6, 12, 24, 36 мес. Заживление ран и функциональное восстановление в обеих группах были приблизительно одинаковыми. Однако у одного пациента с Z-пластикой был выявлен краевой некроз лоскута, а у четырех обследуемых с ПКТ обнаружено незначительное расхождение краев ран. Ни в одном из случаев не потребовалось повторное вмешательство. Средняя амплитуда движений в ПМФС улучшилась до  $65^\circ$  (от  $2^\circ$  до  $98^\circ$ ) за три года у пациентов обеих групп. Через 36 мес. после операции статистически значимой разницы в количестве рецидивов заболевания в исследуемых группах выявлено не было (всего 11 случаев: 5 пациентов в первой группе и 6 — во второй). Описываемая методика не лишена недостатков, таких как риск отторжения трансплантата и необходимость дополнительного разреза для забора трансплантата [46].

#### *Пластика местными тканями*

Т. Uemura с соавторами провели ретроспективный анализ послеоперационных результатов лечения 23 пациентов с контрактурой Дюпюитрена I–III ст. (25 кистей и 29 пальцев), которым была выполнена субтотальная апоневрэктомия, а для восполнения дефицита кожи была использована Y-V- и Z-пластика. Период послеоперационного наблюдения составил от 6 до 32 мес. (в среднем 12 мес.). Клинические результаты оценивались по улучшению разгибания в каждом суставе в соответствии с классификацией, предложенной R. Tubiana [27]. Авторы сообщают, что во всех наблюдениях раны удалосьшить первично. Не было выявлено послеоперационных осложнений, за исключением одного пациента, у которого развился комплексный регионарный болевой синдром. Его симптомы были купированы пероральным приемом стероидов, что в конечном итоге привело к хорошему результату. Контрактура была уменьшена в среднем с  $46,5^\circ$  до операции до  $4,2^\circ$  после операции для ПФС и с  $43,9^\circ$  до  $22,4^\circ$  для ПМФС, а среднее процентное улучшение составило для ПФС 92%, для ПМФС — 56%. Авторы отмечают, что в 83% случаев удалось добиться положительных результатов и снизить количество ранних и поздних послеоперационных осложнений [49]. Учитывая, что в исследование вошли пациенты только с I–III ст. заболевания, предложенный авторами способ не позволяет полностью укрыть дефект при крайней степени заболевания, что является одним из самых слож-

ных вопросов для специалистов, т.к. возрастает сложность пластического этапа операции.

Преимущества Z-пластики показали и Р.О. Магомедов с соавторами в исследовании, посвященном замещению дефектов кожи кисти после субтотальной апоневрэктомии на примере лечения 86 пациентов. Зигзагообразный разрез и выкраивание встречных треугольных лоскутов позволяют осуществить хорошую визуализацию патологически измененных участков апоневроза и сосудисто-нервных пучков, а также устранить сгибательную контрактуру пальцев кисти. Во всех случаях удалось закрыть раны первично, что позволило существенно уменьшить долю ранних послеоперационных осложнений до 0,9–1,0% [50]. Однако в исследовании отсутствуют данные о величине контрактуры ПФС и ПМФС до операции, нет сведений о характере осложнений, а также информации о степени коррекции контрактуры.

Н. Le Gall и G. Dautel предложили оригинальную методику восполнения дефицита кожи основной фаланги при тяжелой степени контрактуры Дюпюитрена с локализацией преимущественно на 5-м пальце. Изначально данный способ был отработан на кадаверном материале (12 верхних конечностей). Авторами искусственно был сформирован дефект кожи в области основной фаланги 5-го пальца, соответствующий дефициту кожного покрова после устранения контрактуры при III–IV ст. заболевания. Данная методика включала следующие варианты локальных лоскутов: лоскут Хьюстона, Колсона и лоскут на широком основании (методики известны и описаны в литературе, касающейся замещения дефектов кожи кисти). В клиническое исследование вошли 10 пациентов с II–IV ст. заболевания и с преимущественным поражением ПМФС. Во всех случаях после апоневрэктомии и устранения порочного положения пальцев дефект кожи был замещен по предложенной методике. У всех пациентов раны зажили первичным натяжением, при этом не наблюдалось ни одного случая некроза кожи лоскутов, расхождения краев ран, инфекционных осложнений либо других, связанных с процессом заживления. В послеоперационном периоде удалось добиться коррекции контрактуры ПФС в среднем до  $4,2^\circ$ , а для ПМФС — до  $22,4^\circ$ . Период наблюдения составил в среднем 9,5 мес. В 83% случаев удалось добиться положительных результатов. Авторы данного исследования полагают, что использование предложенной методики позволяет получить больший объем тканей по сравнению с Y-V- и Z-пластикой и таким образом добиться меньшего количества осложнений, связанных с заживлением раны, и более удовлетворительного эстетического и функционального результатов в отдаленном периоде [2]. Однако, несмотря на то, что авторам удалось до-

биться оптимальных результатов, необходимо проведение более масштабного исследования на большей группе пациентов для получения значимых статистических данных.

#### *Регионарные лоскуты*

Альтернативным вариантом восполнения дефектов кожи области основной фаланги является перекрестная кожная пластика (кросс-пластика) с соседнего пальца либо использование островкового лоскута на тыльной пястной артерии. N. Spindler с соавторами представили клинический случай использования кросс-пластики для восполнения дефицита кожи основной фаланги после апоневрэктомии на 5-м пальце при рецидивирующей форме заболевания. До операции контрактура ПФС составляла 15°, ПМФС — 100°. После иссечения измененного апоневроза недостаток кожи основной фаланги составил 3,5×2,5 см. Для его устранения с соседнего пальца был выкроен кожно-фасциальный перекрестный лоскут по размеру дефекта, а для закрытия донорской зоны использован ПКТ, взятый с внутренней поверхности плеча. Как отмечают авторы, через 4 мес. были достигнуты отличные функциональный и эстетический результаты [37].

Большие дефекты кожи основной фаланги можно заместить и островковым лоскутом на тыльной пястной артерии. L. Ekerot прооперировал 15 пациентов с рецидивирующей формой заболевания, которым после удаления патологических тяжелей дефект кожи был замещен данным способом. Все пациенты этой группы были ранее неоднократно оперированы (количество перенесенных ранее операций составило в среднем 1,6). До операции суммарная контрактура составляла в среднем 77°. Некоторым пациентам потребовались релиз ПМФС и дополнительная трансартикулярная фиксация спицей для удержания достигнуто разгибания в суставе. Длительность реабилитационного периода составила от 3 до 5 мес. По данным автора, не было ни единого случая полной потери лоскута, однако в 4 наблюдениях отмечались краевые некрозы дистальной части лоскута, которые не потребовали дополнительного вмешательства. У одного пациента сформировался субтотальный некроз лоскута, обусловленный венозной недостаточностью, что явилось причиной повторного оперативного вмешательства. Для замещения дефекта был также использован лоскут на тыльной пястной артерии. У 15 пациентов удалось добиться коррекции контрактуры ПМФС в среднем до 15° [51].

Наибольший интерес представляет проблема замещения дефектов мягких тканей при выполнении операции по поводу рецидива контрактуры, когда кожа в зоне вмешательства рубцово изменена. Для получения хорошего эстетического и

функционального результатов при дефектах кожи основной фаланги пальцев, по мнению N. Spindler с соавторами, целесообразнее использовать кровоснабжаемые комплексы тканей, в частности лоскут на широком основании с соседнего пальца (кросс-пластику) [37]. Недостатком этого способа является повреждение соседнего пальца и необходимость забора ПКТ для замещения донорского дефекта. Более предпочтительным вариантом в таком случае является островковый лоскут на тыльной пястной артерии, т. к. в этом случае нет необходимости в дополнительном трансплантате, а донорская рана ушивается в линию. Использование данного способа позволяет получить отличный эстетический и функциональный результаты, что продемонстрировано в работе L. Ekerot [51].

Как известно, чаще при контрактуре Дюпюитрена поражаются 4–5-й пальцы. Способы пластического замещения дефектов на этих пальцах были представлены выше. Реже поражаются участки ладонного апоневроза по ходу 1-го, 2-го, 3-го лучей. В литературе описано ограниченное количество случаев замещения дефектов кожи ладонной поверхности кисти и 1-го, 2-го, 3-го пальцев после апоневрэктомии. При этой локализации заболевания необходимо тщательное предоперационное планирование с целью определения предполагаемого размера дефекта кожи и выбора способа его замещения после устранения контрактуры. В этой связи интересной является работа T. Seyhan, посвященная восполнению дефицита мягких тканей на ладони островковым реверсивным перфорантным тенарным лоскутом после апоневрэктомии у 7 пациентов. Кровоснабжение данного лоскута осуществляется перфорантным сосудом поверхностной ладонной дуги либо лучевой ветви поверхностной ладонной дуги. С помощью данного лоскута можно заместить дефект 2,5×6,5 см с первичным ушиванием донорской раны без каких-либо последствий, например, приводящей контрактуры 1-го пальца или образования грубого рубца. Средний период наблюдения за пациентами составил 12,6 мес. В одном случае вследствие венозного стаза развился краевой некроз лоскута, что не повлияло на конечный результат. Автору удалось получить отличные косметические и функциональные результаты у всех оперированных пациентов. Показанием к использованию этого лоскута является, по мнению автора, дефект, расположенный на ладони, ладонной поверхности основной фаланги 1-го, 2-го или 3-го пальца, в области первого межпальцевого промежутка [52].

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ литературы показал, что, несмотря на достижения современной медицины, лечение пациентов с контрактурой Дюпюитрена III–IV

ст. остается актуальной проблемой. Устранение порочного положения пальцев при тяжелой степени данного заболевания всегда сопровождается образованием дефекта кожи, размер которого определяется степенью контрактуры. В настоящее время одним из требований, которые предъявляют пациенты, является сокращение продолжительности нетрудоспособности. Важным условием выполнения этого требования является первичное заживление ран кисти, которого можно достичь только путем пластического замещения дефектов, сформировавшихся после устранения контрактуры пальцев. Поскольку, как правило, все образовавшиеся дефекты являют-

ся глубокими, то есть с обнажением сгибателей и сосудисто-нервных пучков, единственно возможным способом их замещения является пластика кровоснабжаемым комплексом тканей, выбор которого определяется размерами дефектов. Тем не менее до сих пор самой распространенной методикой восполнения дефицита мягких тканей после апоневрэктомии является Z-пластика. Однако по мере увеличения степени тяжести заболевания ее эффективность снижается. На сегодняшний день нет единого мнения о доступе к измененному участку апоневроза и выборе методики восполнения дефицита тканей при III–IV ст. заболевания.

### 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.

**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

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.

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

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

### ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Lukas B., Lukas M. [Flap plasty in advanced Dupuytren's disease]. *Oper Orthop Traumatol.* 2016;28(1):20-29. (In German). doi: 10.1007/s00064-015-0435-3.
- Le Gall H., Dautel G. Skin Expansion Due to the Dupuytren Cord Allows to Design Local Flaps to Facilitate Skin Closure in Severe Cases. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2020;24(2):89-97. doi: 10.1097/BTH.0000000000000271.
- Desai S.S., Hentz V.R. The Treatment of Dupuytren Disease. *J Hand Surg.* 2011;36:936-942. doi: 10.1016/j.jhsa.2011.03.002.
- Бутаев Ч.З., Куклин И.А. Лечение контрактуры Дюпюитрена на современном этапе (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica.* 2019;4(6):72-76. doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.11.
- Butaev Ch.Z., Kuklin I.A. [Treatment of Dupuytren's contracture at the present stage (Literature review)]. *Acta Biomedica Scientifica.* 2019;4(6):72-76. (In Russian). doi: 10.29413/ABS.2019-4.6.11.
- Herrera F.A., Mitchell S., Elzik M., Roostaeian J., Benhaim P. Modified percutaneous needle aponeurotomy for the treatment of Dupuytren's contracture: early results and complications. *Hand (NY).* 2015;10(3):433-437. doi: 10.1007/s11552-015-9740-4.
- Nordenskjöld J., Lauritzson A., Waldén M., Kopylov P., Atroshi I. Surgical fasciectomy versus collagenase injection in treating recurrent Dupuytren disease: study protocol of a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2019;9(2):240-244. doi: 10.1136/bmjopen-2018-024424.
- Aykut S., Baydar M., Büyük A.F., Öztürk I.A., Özden E., Öztürk K. Surgical treatment results for Dupuytren's disease. *Acta Ortop Bras.* 2017;25(3):71-73. doi: 10.1590/1413-785220172503164827.
- van Rijssen A.L., Ter Linden H., Werker P.M. Five-year results of a randomized clinical trial on treatment in Dupuytren's disease: percutaneous needle fasciotomy versus limited fasciectomy. *Plast Reconstr Surg.* 2012;129(2):469-477. doi: 10.1097/PRS.0b013e31823aea95.
- Chen N.C., Srinivasan R.C., Shauver M.J., Chung K.C. A systematic review of outcomes of fasciectomy, aponeurotomy, and collagenase treatments for Dupuytren's contracture. *Hand (NY).* 2011;6(3):250-255. doi: 10.1007/s11552-011-9326-8.
- Hahn P. [Epidemiology of Dupuytren's disease]. *Orthopade.* 2017;46(4):298-302. (In German). doi: 10.1007/s00132-017-3384-8.

11. Lanting R., Broekstra D.C., Werker Paul M.N., van den Heuvel E.R. A systematic review and meta-analysis on the prevalence of Dupuytren disease in the general population of Western Countries. *Plast Reconstr Surg.* 2014;133(3):593-603. doi: 10.1097/01.prs.0000438455.37604.0f.
12. Ng M., Lawson D.J., Winney B., Furniss D. Is Dupuytren's disease really a 'disease of the Vikings'? *J Hand Surg Eur Vol.* 2020;45(3):273-279. doi: 10.1177/1753193419882851.
13. Huisstede B.M.A., Hoogvliet P., Coert J.H., Fridén J., European HANDGUIDE Group. Dupuytren disease: European hand surgeons, hand therapists, and physical medicine and rehabilitation physicians agree on a multidisciplinary treatment guideline: results from the HANDGUIDE study. *Plast Reconstr Surg.* 2013;132(6):964e-976e. doi: 10.1097/01.prs.0000434410.40217.23.
14. Микусев Г.И., Байкеев Р.Ф., Микусев И.Е., Магомедов Р.О. Болезнь Дюпюитрена: регистр по Республике Татарстан. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2007;4:65-69. Mikusev G.I., Baikееv R.F., Mikusev I.E., Magomedov R.O. Dupuytren's Disease: Register In Tatarstan Republic. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova [N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics].* 2007;4:65-69. (In Russian).
15. Coulibaly N.F., Doumbia M.M., Dembele B., Dia R., Fall K., Sane A.D. et al. Dupuytren's disease: a reality in Black Africa. *Hand Surg Rehabil.* 2020;39(5):448-453. doi: 10.1016/j.hansur.2020.04.005.
16. Sasaki N., Uesato R., Yamauchi T., Ishibashi Ya., Nakaji Sh. Epidemiology of Dupuytren's Disease in Japanese General Population. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2021;26(2):229-234. doi: 10.1142/S2424835521500235.
17. Yeh C.C., Huang K.F., Ho C.H., Chen K.T., Liu C., Wang J.J. et al. Epidemiological profile of Dupuytren's disease in Taiwan (Ethnic Chinese): a nationwide population-based study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16(1):20. doi: 10.1186/s12891-015-0476-7.
18. Вишневецкий В.А. Контрактура Дюпюитрена и ее медико-социальная экспертиза. *Запорожский медицинский журнал.* 2014;1(82):9-12. doi: 10.14739/2310-1210.2014.1.23644. Vishnevskiy V.O. [Dupuytren's contracture of hand and its medical and social review]. *Zaporozhskii meditsinskii zhurnal [Zaporozhye Medical Journal].* 2014;1(82): 9-12. (In Russian). doi: 10.14739/2310-1210.2014.1.23644.
19. Nordenskjöld J., Englund M., Zhou C., Atroschi I. Prevalence and incidence of doctor-diagnosed Dupuytren's disease: a population-based study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2017;42(7):673-677. doi: 10.1177/1753193416687914.
20. Микусев И.Е., Алеев Ф.Х., Микусев Г.И., Магомедов Р.О., Хабибуллин Р.Ф. Социальная значимость болезни Дюпюитрена и вопросы ее ранней диагностики. *Общественное здоровье и здравоохранение.* 2009;3(23):33-35. Mikusev I.E., Aleev F.H., Mikusev G.I., Magomedov R.O., Khabibullin R.F. [The social significance of Dupuytren's disease and the issues of its early diagnosis]. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdravookhraneniye [Public Health and Health Care].* 2009;3(23):33-35 (In Russian).
21. Николаев Е.Н., Абхази С.Д., Смбастьян С.М. Некоторые клинико-экспертные вопросы при контрактурах Дюпюитрена. *Заместитель главного врача.* 2009;11:1-4. Nikolaev E.N., Abkhazi S.D., Smbatyan S.M. [Some clinical and expert issues with Dupuytren's contracture]. *Zamestitel' glavnogo vracha [Deputy Chief Physician].* 2009;11:1-4. (In Russian).
22. Torrekens M., Van Nuffel M., Couck I., De Smet L., Degreef I. Skin grafting prevents recurrence in Dupuytren's disease and extension correlates with fibrosis diathesis score. *Hand Surg Rehabil.* 2021;40(4):495-499. doi: 10.1016/j.hansur.2021.03.008.
23. Mohede D.C.J., Riesmeijer S.A., de Jong I.J., Werker P.M.N., van Driel M.F. Prevalence of Peyronie and Ledderhose Diseases in a Series of 730 Patients with Dupuytren Disease. *Plast Reconstr Surg.* 2020;145(4):978-984. doi: 10.1097/prs.00000000000006.
24. Akhavan M.A., McMurtrie A., Webb M., Muir L. A review of the classification of Dupuytren's disease. *J Hand Surg Eur Vol.* 2015;40(2):155-165. doi: 10.1177/1753193414560511.
25. Волкова А.М. *Хирургия кисти.* Свердловск; 1993. Т.2. с.10-58. Volkova A.M. *Khirurgiya kisti [Hand Surgery].* Sverdlovsk; 1993. Vol. 2. p. 10-58. (In Russian).
26. Tubiana R. [Evaluation of deformities in Dupuytren's disease]. *Ann Chir Main.* 1986;5(1):5-11. (In English, French). doi: 10.1016/s0753-9053(86)80043-6.
27. Akhavan M.A., McMurtrie A., Webb M., Muir L. A review of the classification of Dupuytren's disease. *J Hand Surg Eur Vol.* 2015;40(2):155-165. doi: 10.1177/1753193414560511.
28. Жигало А.В., Морозов В.В., Почтенко В.В., Чевардина М.А. Современный подход к классификации контрактуры Дюпюитрена. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии.* 2018;21(2):50-61. doi: 10.17223/1814147/65/07. Zhigalo A.V., Morozov V.V., Pochtenko V.V., Chevardina M.A. [Modern approach to classification of Dupuytren disease]. *Voprosy rekonstruktivnoi i plasticheskoi khirurgii [Issues of Reconstructive and Plastic Surgery].* 2018;21(2):50-61. (In Russian). doi: 10.17223/1814147/65/07.
29. Karbowiak M., Holme T., Khan K., Mohan A. Dupuytren's disease. *BMJ.* 2021;373:n1308. doi: 10.1136/bmj.n1308.
30. Henry M. Dupuytren's Disease: Current State of the Art. *Hand (NY).* 2013;9(1):1-8. doi: 10.1007/s11552-013-9563-0.
31. Васильев М.А., Назаренко А.И., Белоусов Д.С. Хирургическое лечение контрактуры Дюпюитрена методом «открытой ладони» из опыта работы травматологического отделения Елизовской районной больницы. *Здравоохранение Дальнего Востока.* 2008;5(37):94-98. Vasiliev M.A., Nazarenko A.I., Belousov D.S. [Surgical treatment of Dupuytren's contracture by the "open palm" method from the work experience of the trauma department of the Yelizovskaya district Hospital]. *Zdravookhraneniye Dal'nego Vostoka.* 2008;5(37):94-98. (In Russian).
32. Березуцкий С.Н., Варенцев Ю.А., Воловик В.Е., Метелкин А.Н. Метод «Открытая ладонь и пальцы» при устранении контрактуры Дюпюитрена как эффективный метод профилактики послеоперационных ран. *Бюллетень ВСИЦ СО РАМН.* 2007; 4(56, Приложение):28. Berezutskiy S.N., Varensev Y.A., Volovik V.E., Metelkin A.N. [The method of «Open palm and fingers» in eliminating Dupuytren contracture as an effective method of prophylaxis of postoperative wounds]. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk.* 2007;4(56, Suppl.):28. (In Russian).



33. Zoubos A.B., Stavropoulos N.A., Babis G.C., Mavrogenis A.F., Kokkalis Z.T., Soucacos P.N. The McCash technique for Dupuytren's disease: our experience. *Hand Surg.* 2014;19(1):61-67. doi: 10.1142/S0218810414500117.
34. McCash C.R. The open palm technique in Dupuytren's contracture. *Br J Plast Surg.* 1964;17:271-280. doi: 10.1016/s0007-1226(64)80043-6.
35. Carpi Malta M., de Pinho Teixeira Alves M., de Azevedo Malta L.M. Open Palm Technique in Dupuytren's Disease Treatment. *Rev Bras Ortop.* 2013;48(3):246-250. doi: 10.1016/j.rboe.2012.07.005.
36. Denkler K. Surgical complications associated with fasciectomy for Dupuytren's disease: a 20-year review of the English literature. *Eplasty.* 2010;10:e15.
37. Spindler N., Josten C., Langer S. [Partial Fasciectomy and Options of Reconstruction Using Local Flaps in Cases of Dupuytren's Disease]. *Zentralbl Chir.* 2017;142(02):155-158. (In German). doi: 10.1055/s-0042-116821.
38. Bulstrode N.W., Jemec B., Smith P.J. The Complications of Dupuytren's Contracture Surgery. *J Hand Surg Am.* 2005;30(5):1021-1025. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.05.008.
39. Данилова А.В., Мурадов Э.М. Лечение тяжелых и рецидивирующих форм контрактуры Дюпюитрена методом distraction. В кн.: *Молодежь, наука, медицина: материалы 63-й Всероссийской межвузовской студенческой научной конференции с международным участием.* 2017. с. 725-728. Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_29812522\\_36278970.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29812522_36278970.pdf) Danilova A.V., Muradov E.M. [Treatment of severe and recurrent forms of Dupuytren contracture by distraction method]. In: [Youth, Science, Medicine: materials of the 63<sup>rd</sup> All-Russian Interuniversity Student Scientific Conference with international participation]. 2017. p. 725-728. Available from: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_29812522\\_36278970.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29812522_36278970.pdf) (In Russian).
40. Rajesh K. Severe Dupuytren's contracture of the proximal interphalangeal joint: treatment by two-stage technique. *J Hand Surg Br.* 2000;25(5):442-444. doi: 10.1054/jhsb.2000.0412.
41. Kakinoki R., Ohtani K., Hashimoto K., Tanaka H., Ikeguchi R., Ohta S. et al. Use of Dorsal Skin Islands as Firebreak Grafts to the Palm to Reduce the Recurrence Rate of Dupuytren's Contracture. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2018;22:110-115. doi: 10.1097/bth.0000000000000204.
42. Ould-Slimane M., Guinet V., Foulongne E., Melconian A., Beccari R., Milliez P.-Y. et al. [Razemon's lateral digital rotation flap in severe Dupuytren contracture of the fifth finger]. *Chir Main.* 2013;32(5):317-321. (In French). doi: 10.1016/j.main.2013.08.005.
43. Walle L., Hohendorff B., Pillukat T., van Schoonhoven J. [The lateral-dorsal transposition flap for closure of a palmar soft tissue defect of the proximal phalanx on the little finger after limited fasciectomy in recurrent Dupuytren's contracture]. *Oper Orthop Traumatol.* 2014;28(1):38-46. (In German). doi: 10.1007/s00064-012-0211-6.
44. Spies C.K., Hahn P., Müller L.P., Löw S., Sellei R.M., Oppermann J. The efficacy of open partial aponeurotomy for recurrent Dupuytren's contracture. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136(6):881-889. doi: 10.1007/s00402-016-2448-2.
45. Beltrán A.G., Romero C.J. The Lateral Proximal Phalanx Flap for Contractures and Soft Tissue Defects in the Proximal Interphalangeal Joint. *Hand (NY).* 2016;12(1):91-97. doi: 10.1177/1558944716646781.
46. Ullah A.S., Dias J.J., Bhowal B. Does a "firebreak" full-thickness skin graft prevent recurrence after surgery for Dupuytren's contracture? *J Bone Joint Surg Br.* 2009; 91-B(3):374-378. doi: 10.1302/0301-620x.91b3.21054.
47. Kaplan F.T.D., Crosby N.E. Treatment of Recurrent Dupuytren Disease. *Hand Clin.* 2018;34(3):403-415. doi: 10.1016/j.hcl.2018.03.009.
48. Tanagho A., Beaumont J., Thomas R. A Simple Dressing Technique Following Dermofasciectomy and Full Thickness Skin Grafting of the Fingers in the Treatment of Severe Dupuytren's Contracture. *J Hand Microsurg.* 2016;7(2):317-319. doi: 10.1007/s12593-015-0208-0.
49. Uemura T., Kazuki K., Egi T., Yoneda M., Takamatsu K., Nakamura H. Clinical outcomes of primary skin closure with Y-V and Z-plasties for Dupuytren's contracture: Use of one-stage skin closure. *J Plast Surg Hand Surg.* 2010;44(6):306-310. doi: 10.3109/2000656X.2010.534340.
50. Магомедов Р.О., Микусев И.Е., Микусев Г.И., Осмоналиев И.Ж., Байкеев Р.Ф. Хирургическое лечение контрактуры Дюпюитрена: эффективность Z-образного разреза. В кн.: *Здоровье и образование в XXI веке: электронный сборник научных трудов.* 2010;12(11):538-539. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21677418>. Magomedov R.O., Mikusev I.E., Mikusev G.I., Osmonaliev I.Zh., Baikееv R.F. Surgical treatment of Dupuytren's contracture: effectiveness of Z-incision. In: *Health and Education in the XXI Century: Electronic Collection of Scientific Papers.* 2010;12(11):538-539. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21677418>. (In Russian).
51. Ekerot L. The Distally-Based Dorsal Hand Flap for Resurfacing Skin Defects in Dupuytren's Contracture. *J Hand Surg Br.* 1995;20(1):111-114. doi: 10.1016/s0266-7681(05)80028-2.
52. Seyhan T. Reverse thenar perforator flap for volar hand reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2009;62(10):1309-1316. doi: 10.1016/j.bjps.2008.03.061.

#### Сведения об авторах

✉ Идрисов Хасан Кюриевич

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8  
<https://orcid.org/0000-0001-6979-7001>  
 e-mail: idrisovkhasan@yandex.ru

Родоманова Любовь Анатольевна — д-р мед. наук, профессор  
<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>  
 e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

#### Authors' information

✉ Khasan K. Idrisov

Address: 8, Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia  
<https://orcid.org/0000-0001-6979-7001>  
 e-mail: idrisovkhasan@yandex.ru

Liubov A. Rodomanova — Dr. Sci. (Med.), Professor  
<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>  
 e-mail: rodomanovaliubov@yandex.ru

## ЛИННИК СТАНИСЛАВ АНТОНОВИЧ К 70-летию со дня рождения

7 мая 2022 г. отметил 70-летний юбилей доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ Станислав Антонович Линник.

Станислав Антонович родился в 1952 г. в многодетной семье в селе Недошевичи Барановичской области. В 1968 г. С.А. Линник окончил среднюю школу. В том же году он поступил в Ленинградский санитарно-гигиенический медицинский институт. Во время учебы Станислав Антонович принимал активное участие в работе студенческого научного кружка на кафедре, неоднократно выступал с докладами на студенческих научных конференциях. В течение 10 лет он был председателем совета Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов в ЛСГМИ, ежегодно признавался лучшим изобретателем института.

В 1975 г. С.А. Линник окончил институт и остался работать на кафедре и в клинике травматологии и ортопедии, где и трудится до настоящего времени. В 1979 г. он стал ассистентом, в 1987 г. — доцентом, а в 1991 г. — профессором кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии. В 1980 г. С.А. Линник защитил кандидатскую диссертацию «Лечение повреждений ахиллова сухожилия», а в 1988 г. — докторскую диссертацию «Послеоперационный остеомиелит, его профилактика, диагностика и лечение», в которой показал, что это тяжелое осложнение в 90% случаев носит ятрогенный характер и возникает вследствие ошибок, допущенных врачами при хирургическом лечении травм и ортопедических заболеваний.

В 2006 г. профессору С.А. Линнику было доверено возглавить кафедру травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии с курсом стоматологии, которой он руководил до 2012 г. Основным направлением научной работы кафедры и клиники уже более 30 лет является проблема диагностики, лечения и реабилитации больных с хроническими формами остеомиелита. В последние годы с применением микрососудистой техники в клинике успешно излечиваются не только обширные язвенные дефекты голени и стопы, но и глубокие пролежни при остеомиелите области крестца и большого вертела у спинальных больных.

С 2012 г. Станислав Антонович работает профессором кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Северо-Западного медицинского университета им. И.И. Мечникова, успешно сочетая клиническую, научную и педаго-



гическую работу. Он является членом Ассоциации травматологов-ортопедов России, членом правления Ассоциации травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области, членом объединенного диссертационного совета при НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена и ВМедА им. С.М. Кирова, заместителем председателя аттестационной комиссии по травматологии и ортопедии Санкт-Петербурга.

Профессор С.А. Линник внес существенный вклад в разработку способов лечения хронического остеомиелита, хронических и нейротрофических язв, а также способов аллотендопластики при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательной системы. В результате научных исследований им был обобщен многолетний опыт диагностики и лечения перипротезной инфекции крупных суставов, включая разработку антимикробных композиций пролонгированного действия и спейсеров тазобедренного и коленного суставов. В 1983 г. он впервые в России для замещения костного дефекта при хроническом остеомиелите использовал деминерализованные костные трансплантаты. В настоящее время изучаются возможности применения биокompозитных материалов и стеклокристаллического остеозамещающего материала в клинике.

В последние годы его научные исследования посвящены лечению тяжелых форм заболеваний крупных суставов, комплексному лечению ослож-

ненных форм хронического остеомиелита с применением иммуномодуляторов, разработке эндопротезов и способов их применения, в том числе при онкологических заболеваниях. Разрабатывается и используется метод чрескостного остеосинтеза аппаратами внешней фиксации при лечении несросшихся переломов, ложных суставов, осложненных остеомиелитом. В эксперименте обоснованы, разработаны и защищены патентами доступы и способы мышечной пластики плечевой кости и ключицы.

С.А. Линник — автор более 500 научных работ, включая 13 монографий и руководств, 14 методических рекомендаций, 76 патентов и авторских свидетельств, 12 учебно-методических пособий для студентов и 148 рацпредложений. Наиболее значимыми монографиями являются «Аллотендопластика при лечении повреждений мышц, сухожилий и связок» (1994) и «Хронический остеомиелит» (1990), «Хирургическое лече-

ние остеомиелита» (2000), «Пластическая хирургия хронических и нейротрофических язв» (2001), «Остеомиелит таза, остеоартрит тазобедренного сустава и их ортопедические последствия. Хирургическое лечение» (2007). Профессор С.А. Линник — автор четырех глав многотомного национального руководства «Травматология и ортопедия» (2004–2006). Под его руководством защищены 32 кандидатские и 3 докторские диссертации, в настоящее время выполняются еще одна докторская и 4 кандидатские диссертации. Он подготовил большое количество высококвалифицированных травматологов-ортопедов, работающих в России и за рубежом.

С.А. Линника отличает дисциплинированность, исполнительность, высокая работоспособность. За многолетний вклад в развитие медицины С.А. Линник награжден медалью «В память 300-летия Санкт-Петербурга», а в 2009 г. был удостоен почетного звания «Заслуженный врач РФ».

*Коллектив СЗГМУ им И.И. Мечникова и редакция журнала поздравляют Станислава Антоновича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, долгих лет плодотворной деятельности, благополучия.*

**Сообщение о ретракции: «Современный метод биомеханической оценки рациональности изготовления приемных гильз протезов нижних конечностей», журнал «Травматология и ортопедия России». 2007, № 3, С. 36-43.**

Статья «Современный метод биомеханической оценки рациональности изготовления приемных гильз протезов нижних конечностей», опубликованная в журнале «Травматология и ортопедия России» (2007, № 3), авторами которой являются М.Г. Гусев, А.С. Малыхин, К.К. Щербина, представляет собой дубликат статьи «Современный метод биомеханической оценки рациональности изготовления приемных гильз протезов нижних конечностей» тех же авторов, опубликованной в журнале «Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова». 2007, № 3, С. 186–189. В связи с этим указанная статья отозвана с публикации.

Выявлено 20/04/22 редколлегией журнала.

**Ключевые слова:** протезирование нижних конечностей, биомеханическая оценка.

DOI: 10.17816/2311-2905-1795

**Retraction notice: “Modern method of biomechanical estimation of the rational lower extremities prosthetic sockets production”. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2007;(3):36-43.**

The article “Modern method of biomechanical estimation of the rational lower extremities prosthetic sockets production” published in “Traumatology and Orthopedics of Russia” (2007, N 3) by M.G. Gusev, A.S. Malykhin, K.K. Shcherbina is a duplicate of the article “Modern method of biomechanical estimation of the rational lower extremities prosthetic sockets production” published in the “Bulletin of Mechnikov Saint Petersburg State Medical Academy”. 2007;(3):186–189. That was the reason for retraction.

Revealed April 20, 2022 by the Editorial Board.

**Keywords:** lower extremity prosthetics, biomechanical estimation.

DOI: 10.17816/2311-2905-1795

**Сообщение о ретракции: «Оценка результатов хирургического лечения повреждений седалищного нерва», журнал «Травматология и ортопедия России». 2009, № 1, С. 96–98**

Статья «Оценка результатов хирургического лечения повреждений седалищного нерва», опубликованная в журнале «Травматология и ортопедия России» (2009, № 1), авторами которой являются Р.И. Хамзаев, В.П. Берснев, Ю.И. Борода, представляет собой дубликат статьи тех же авторов «Результаты эпинеурального шва седалищного нерва», опубликованной в журнале «Вестник хирургии им. И.И. Грекова». 2009, № 1, С. 61–63. В связи с этим указанная статья отозвана с публикации.

Выявлено 20/04/22 редколлегией журнала.

**Ключевые слова:** седалищный нерв, травма.

DOI: 10.17816/2311-2905-1789

**Retraction Notice: “Assessment Results of Surgical Treatment of Sciatic Nerve Injuries” Traumatology and Orthopedics of Russia. 2009;(1):96-98**

The article “Assessment results of surgical treatment of sciatic nerve injuries” published in “Traumatology and Orthopedics of Russia” (2009, No 1) by R.A. Khamzaev, V.P. Bersnev, Y.I. Boroda is a duplicate of the article “Results of the epineural suture of the sciatic nerve” by the same authors published in the “Grekov’s Bulletin of Surgery”. 2009;(1):61-63. That was the reason for retraction.

Revealed April 20, 2022 by the Editorial Board.

**Keywords:** sciatic nerve, injury.

DOI: 10.17816/2311-2905-1789



**Сообщение о ретракции: «Иммунологические критерии прогнозирования замедленной консолидации костной ткани», журнал «Травматология и ортопедия России». 2009, № 2, С. 59–66**

Статья «Иммунологические критерии прогнозирования замедленной консолидации костной ткани», опубликованная в журнале «Травматология и ортопедия России» (2009, № 2), авторами которой являются О.В. Бердюгина, К.А. Бердюгин, представляет собой дубликат статьи О.В. Бердюгиной «Иммунологический мониторинг замедленного остеогенеза», опубликованной в журнале «Медицинская иммунология». 2008, Т. 10, № 4-5, С. 371-378. В связи с этим указанная статья отозвана с публикации.

Выявлено 20/04/22 редколлегией журнала.

**Ключевые слова:** нарушения остеогенеза, иммунологические исследования.

DOI: 10.17816/2311-2905-1794

**Retraction Notice: “Immunologic Criteria of Prediction of Bone Delayed Union”. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2009;(2):59-66**

The article “Immunologic criteria of prediction of bone delayed union” published in “Traumatology and Orthopedics of Russia” (2009, N 2) by O.V. Berdyugina, K.A. Berdyugin is a duplicate of the article “Immunological monitoring of slow down osteogenesis” published in “Medical Immunology”. 2009;(3-4):371-378. That was the reason for retraction.

Revealed April 20, 2022 by the Editorial Board.

**Keywords:** delayed union, immunologic researches.

DOI: 10.17816/2311-2905-1794

**Сообщение о ретракции: «Синдром Хаглунда: историческая справка и систематический обзор», журнал «Травматология и ортопедия России». 2014, № 1, С. 122-132**

Статья «Синдром Хаглунда: историческая справка и систематический обзор», опубликованная в журнале «Травматология и ортопедия России» (2014, № 1), авторами которой являются А.П. Середа, Г.М. Кавалерский, представляет собой дубликат статьи тех же авторов «Деформация Хаглунда. Историческая справка и систематический обзор литературы», опубликованной в журнале «Сеченовский вестник». 2014, № 1, С. 30–39. В связи с этим указанная статья отозвана с публикации.

Выявлено 20/02/20 Редакционной коллегией.

**Ключевые слова:** синдром Хаглунда, деформация Хаглунда, тенопатия ахиллова сухожилия, консервативное и хирургическое лечение.

DOI: 10.17816/2311-2905-1793

**Retraction Notice: “Haglund Syndrome: Historical and Systematic Review”. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2014;(1):122-132**

The article “Haglund syndrome: Historical and systematic review” published in “Traumatology and Orthopedics of Russia” (2014, No 1) by A.P. Sereda, G.M. Kavalersky, is a duplicate of the article “Haglund syndrome: Historical and systematic review” published by the same authors in “The Sechenov Medical Journal”. 2014;(1):30-39. That was the reason for retraction.

Revealed April 20, 2022 by the Editorial Board.

**Keywords:** Haglund syndrome, Haglund’s deformity, achilles tendon tenopathy, conservative treatment, surgical correction.

DOI: 10.17816/2311-2905-1793

**Сообщение о ретракции: «Эндопротезирование суставной поверхности надколенника при тотальной артропластике коленного сустава: аналитический обзор литературы», журнал «Травматология и ортопедия России» 2014, № 3, С. 128-141.  
DOI: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-128-141**

Статья «Эндопротезирование суставной поверхности надколенника при тотальной артропластике коленного сустава: аналитический обзор литературы», опубликованная в журнале «Травматология и ортопедия России» (2014, № 3) авторами которой являются Г.М. Кавалерский, А.П. Середя, А.В. Лычагин, С.М. Сметанин, представляет собой дубликат статьи «Эндопротезирование суставной поверхности надколенника при тотальной артропластике коленного сустава» авторов А.П. Середы, А.С. Саградяна, А.В. Лычагина, опубликованной в журнале «Кафедра травматологии и ортопедии». 2012, № 3, С. 18–28. В связи с этим указанная статья отозвана с публикации.

Выявлено 20/02/20 Редакционной коллегией.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава, замещение суставной поверхности надколенника.

DOI: 10.17816/2311-2905-1796

**Retraction Notice: “Patellar Resurfacing of Total Knee Arthroplasty: Analytical Review”.  
Traumatology and Orthopedics of Russia. 2014;(3):128-141  
DOI: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-128-141**

The article “Patellar resurfacing of total knee arthroplasty: Analytical review” published in “Traumatology and Orthopedics of Russia” (2014, N 3) by G.M. Kavalersky, A.P. Sereda, A.V. Lychagin, S.M. Smetanin is a duplicate of the article “Patellar resurfacing of total knee arthroplasty” by A.P. Sereda, A.S. Sagradyan, A.V. Lychagin published in “The Department of Traumatology and Orthopedics”. 2014;(3):18–28. That was the reason for retraction.

Revealed April 20, 2022 by the Editorial Board.

**Keywords:** knee replacement, patellar resurfacing.

DOI: 10.17816/2311-2905-1796

**Сообщение о ретракции: «Функция коленного сустава во время ходьбы у больных с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава до и после оперативного лечения», журнал «Травматология и ортопедия России». 2016, Т. 22, № 2, С. 15-24.  
DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-15-24**

Статья «Функция коленного сустава во время ходьбы у больных с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава до и после оперативного лечения», опубликованная в журнале «Травматология и ортопедия России» (2016, Т. 22, № 2), авторами которой являются А.А. Ахпашев, Н.В. Загородний, А.С. Канаев, С.Н. Кауркин, Д.В. Скворцов, представляет собой дубликат статьи «Функция ходьбы у больных с разрывом передней крестообразной связки коленного сустава до и после оперативного лечения» авторов А.А. Ахпашева, Н.В. Загороднего, С.Н. Кауркина, Д.В. Скворцова, опубликованной в журнале «Клиническая практика». 2015, № 3-4, С. 30–38. В связи с этим указанная статья отозвана с публикации.

Выявлено 20/04/22 редколлегией журнала.

**Ключевые слова:** коленный сустав, разрыв передней крестообразной связки, биомеханика ходьбы.

DOI: 10.17816/2311-2905-1790

**Retraction Notice: “Knee Joint Gait Function in Patients with ACL Rupture Before and After the Surgery”. Traumatology and Orthopedics of Russia. 2016;22(2):15-24.  
DOI: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-15-24**

The article “Knee joint gait function in patients with ACL rupture before and after the surgery” published in “Traumatology and Orthopedics of Russia” (2016, Vol. 22, N 1) by A.A. Akhpashev, N.V. Zagorodniy, A.S. Kanaev, S.N. Kaurkin, D.V. Skvortsov is a duplicate of the article by A.A. Akhpashev, N.V. Zagorodniy, S.N. Kaurkin, D.V. Skvortsov “Knee joint gait function in patients with ACL rupture before and after the surgery” published in “Clinical Practice”. 2009;(3-4):30-38. That was the reason for retraction.

Revealed April 20, 2022 by the Editorial Board.

**Keywords:** knee joint, anterior cruciate ligament, gait biomechanics.

DOI: 10.17816/2311-2905-1790