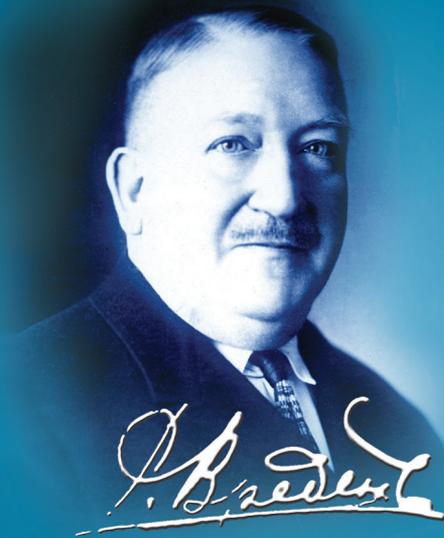


ISSN 2311-2905 (print)
ISSN 2542-0933 (online)



30 лет
ЮБИЛЕЙНЫЙ ВЫПУСК

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ

TRAUMATOLOGY
AND ORTHOPEDICS
OF RUSSIA

2023 • Т. 29 • № 2

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Травматология и ортопедия России

Том 29, Выпуск 2, 2023

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1993 г.

УЧРЕДИТЕЛИ

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

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»
Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург,
Аптекарский пер., д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
<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
<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 **ПНО30** в каталоге «Почта России»;
Индекс **33020** в объединенном каталоге «Пресса России»

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

ООО «Типография Лесник», 197183, Санкт-Петербург,
ул. 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 (Санкт-Петербургский ГУ, Санкт-Петербург, Россия)
Дубров В.Э. – д-р мед. наук, профессор (МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия)
Дулаев А.К. – д-р мед. наук, профессор (ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия)
Загра Л. – д-р медицины, профессор (Ортопедический институт Галеацци, Милан, Италия)
Корнилов Н.Н. – д-р мед. наук (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Королев А.В. – д-р мед. наук, профессор (ЕССТО, Москва, Россия)
Корыткин А.А. – канд. мед. наук (Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия)
Кочиш А.Ю. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Кренн В. – д-р медицины, профессор (Центр гистологии, цитологии и молекулярной диагностики, Трир, Германия)
Кульджанов Д. – д-р медицины, профессор (Университетская клиника, Сент-Луис, США)
Маланин Д.А. – д-р мед. наук, профессор (Волгоградский ГМУ, Волгоград, Россия)
Мироманов А.М. – д-р мед. наук, профессор (Читинская ГМА, Чита, Россия)
Митрофанов В.Н. – канд. мед. наук (Приволжский исследовательский медицинский университет, Н. Новгород, Россия)
Мурылев В.Ю. – д-р мед. наук, профессор (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия)
Парвизи Дж. – д-р медицины, профессор (Институт Ротмана, Филадельфия, США)
Перка К. – д-р медицины, профессор (Центр скелетно-мышечной хирургии Университетской клиники Шарите, Берлин, Германия)
Пташиков Д.А. – д-р мед. наук, профессор (НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия)
Рябых С.О. – д-р мед. наук (РНМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия)
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)

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

Traumatology and Orthopedics of Russia

Vol. 29, N 2, 2023

QUARTERLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL PEER-REVIEWED JOURNAL

Journal founded in 1993

FOUNDERS

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

PUBLISHER

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

EDITORIAL OFFICE

Address: 8, Akademika Baikova st.,
St. Petersburg, Russia, 195427
e-mail: journal@rniito.org
<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
Translators: M.A. Sergeeva, V.I. Malyshev

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

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

Editor-in-Chief

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

Deputy Editor-in-Chief

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

Executive secretary

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

EDITORIAL BOARD

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

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



СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА
30 лет журналу «Травматология и ортопедия России»5

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Базаров А.Ю., Сергеев К.С., Цветкова А.К.
Отдаленные результаты и оценка эффективности методов
лечения остеомиелита позвоночника при различных типах
поражений по классификации E. Pola7

**Переверзев В.С., Колесов С.В., Казьмин А.И.,
Морозова Н.С., Швец В.В.**
Вентральная динамическая или дорсальная транспедикулярная
коррекция и фиксация при хирургическом лечении
идиопатического сколиоза типа Lenke 5:
сравнение отдаленных результатов18

**Потури Риши Рам, Правин Нараян, Павит Джанардан,
Сурья Шри Карун Чинтапалли**
Распространенность остеопороза в сельских районах
Южной Индии и его связь с общими вторичными
факторами риска29

Афанасьев Ю.А.
Выбор метода остеосинтеза при внутрисуставных переломах
проксимального эпифиза плечевой кости38

Сараев А.В., Корнилов Н.Н.
Эффективность современных пероральных форм
нестероидных противовоспалительных препаратов
для обезболивания после тотального эндопротезирования
коленного сустава46

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

**Стогов М.В., Дюрягина О.В., Силантьева Т.А.,
Шипицына И.В., Киреева Е.А., Степанов М.А.**
Оценка биосовместимости новых костнопластических
ксеноматериалов, содержащих золедроновую кислоту
и ранелат стронция57

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАВМАТОЛОГО-ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ
ПОМОЩИ

Голубев Г.Ш., Андриенко С.Г., Хади Р.А.
Анализ региональных особенностей переломов плато
большеберцовой кости в Ростовской области74

**Баладжи Захария, Харшитха Хаявадана Удупа,
Рахул Чандрян, Арун Пракас**
Влияние национального локдауна на эпидемиологию травм
во время первой волны COVID-19 в Индии88

СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ

**Абдиба Н.В., Родоманова Л.А.,
Золотухина И.Ю.**
Теносиновит сгибателей пальцев и кисти, вызванный
Mycobacterium tuberculosis: клинический случай
и обзор литературы99

**Рязанцев М.С., Ольчев А.А., Логвинов А.Н.,
Фролов А.В., Андреев П.С., Королев А.В.**
Увеличение кальцината сухожилия надостной мышцы:
два клинических случая110

**Фарйон А.О., Паськов Р.В., Душин Д.В.,
Базаров А.Ю., Прокопьев А.Н.**
Миграция спицы Киршнера в мочевого пузыря:
клинический случай118

КОММЕНТАРИИ

Беленький И.Г.
Редакционный комментарий к статье А.О. Фарйона
с соавторами «Миграция спицы Киршнера
в мочевого пузыря: клинический случай»126

ОБЗОРЫ

**Хоминец В.В., Конокотин Д.А., Рикун О.В.,
Федотов А.О., Гранкин А.С., Воробьев А.С.**
Современные подходы к диагностике и лечению
нестабильности надколенника: обзор литературы130

ЛЕКЦИИ

**Чугаев Д.В., Кравцов Е.Д., Корнилов Н.Н.,
Куляба Т.А.**
Анатомо-биомеханические особенности латерального
отдела коленного сустава и связанные с ними технические
аспекты одномышечкового эндопротезирования:
лекция144

НЕКРОЛОГ

Клара Ильинична Шапиро159

CONTENTS

EDITORIAL

30th Anniversary of the Journal "Traumatology and Orthopedics of Russia" 5

CLINICAL STUDIES

Bazarov A.Yu., Sergeev K.S., Tsvetkova A.K.

Long-term Outcomes and Effectiveness of Treatment Methods for Vertebral Osteomyelitis With Different Types of Lesions According to the E. Pola Classification 7

Pereverzev V.S., Kolesov S.V., Kazmin A.I., Morozova N.S., Shvets V.V.

Anterior Dynamic Versus Posterior Transpedicular Spinal Fusion for Lenke Type 5 Idiopathic Scoliosis: A Comparison of Long-term Results 18

Pothuri Rishi Ram, Praveen Narayan, Pavith Janardhan, Surya Sri Karun Chintapalli

Prevalence of Osteoporosis and Its Correlation With Common Secondary Risk Factors in Population from Rural Areas of South India 29

Afanasiev Yu.A.

Fixation Techniques for Intraarticular Proximal Humeral Fractures 38

Saraev A.V., Kornilov N.N.

Efficacy of Novel Oral Non-Steroid Anti-Inflammatory Drugs for Pain Management After Total Knee Arthroplasty 46

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES

Stogov M.V., Dyuryagina O.V., Silant'eva T.A.,

Shipitsyna I.V., Kireeva E.A., Stepanov M.A.
Evaluation of Biocompatibility of New Osteoplastic Xenomaterials Containing Zoledronic Acid and Strontium Ranelate 57

TRAUMA AND ORTHOPEDIC CARE

Golubev G.Sh., Andrienko S.G., Khadi R.A.

Analysis of Regional Features of Tibial Plateau Fractures in the Rostov Region 74

Balaji Zacharia, Harshitha Hayavadana Udupa, Rahul Chandran, Arun Prakas

The Effect of Nationwide Lockdown in India on the Epidemiology of Injuries During the First Wave of COVID-19 88

CASE REPORTS

Abdiba N.V., Rodomanova L.A., Zolotukhina I.Yu.
Tenosynovitis of the Flexor Digitorum and Flexor Carpi Caused by *Mycobacterium Tuberculosis*:

Case Report and Review 99

Ryazantsev M.S., Olchev A.A., Logvinov A.N., Frolov A.V., Andreev P.S., Korolev A.V.

Progressive Calcification of Supraspinatus Tendon in Patients With Calcific Tendinitis: Two Case Reports 110

Farion A.O., Paskov R.V., Dushin D.V., Bazarov A.Yu., Prokopev A.N.

Migration of a Kirschner Wire Into the Urinary Bladder: A Case Report 118

COMMENTS

Belenkiy I.G.

Editorial Comment on the Article by A.O. Farion et al. "Migration of a Kirschner Wire Into the Urinary Bladder: A Case Report" 126

REVIEWS

Khominets V.V., Konokotin D.A., Rikun O.V., Fedotov A.O., Grankin A.S., Vorobyev A.S.

Current Concepts in Diagnostics and Treatment of Patellar Instability: Review 130

LECTURES

Chugaev D.V., Kravtsov E.D., Kornilov N.N., Kuliaba T.A.

Anatomical and Biomechanical Features of the Lateral Compartment of the Knee and Associated Technical Aspects of Unicompartamental Knee Arthroplasty: Lecture 144

OBITUARY

Klara I. Shapiro 159

30 ЛЕТ ЖУРНАЛУ «ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ РОССИИ»

Дорогие читатели!

Тридцать лет назад, в июне 1993 г., вышел в свет первый выпуск научно-практического журнала «Травматология и ортопедия России».

Единственный в СССР журнал по нашей специальности «Ортопедия, травматология и протезирование» издавался в Харькове, но после распада Советского Союза в 1991 г. российские травматологи и ортопеды остались без своего периодического издания. Поэтому выпуск российского специализированного журнала стал большим событием для отечественной ортопедической науки. О его значимости говорит тот факт, что авторами первого выпуска стали директора научно-исследовательских институтов травматологии и ортопедии, а с приветствием к журналу обратился министр здравоохранения России Э.А. Нечаев.

В условиях отсутствия общедоступного Интернета печатная версия журнала стала единственной платформой, где могли обменяться опытом и обсудить актуальные проблемы российские травматологи-ортопеды. Этим объясняются большие тиражи (2000 экз.) и постоянно растущее число подписчиков. К сожалению, в конце 1990-х – начале 2000-х гг. в связи с финансовыми труднос-

тями журнал стал выходить нерегулярно, а в 1999 и 2001 гг. не вышло ни одного выпуска.

Новый этап развития журнала начался в 2004 г. вместе со сменой главного редактора и редакционной команды. Был взят курс на переход к международным стандартам научной периодики, изменены требования к оригинальным статьям. К рецензированию, которое стало многоступенчатым, были привлечены самые квалифицированные и признанные специалисты в своей области, что позволило достаточно быстро повысить качество научных публикаций. Обязательным этапом рассмотрения рукописей стала их статистическая экспертиза, что обеспечило достоверность результатов и выводов в оригинальных статьях. Надо признать, что авторы не сразу привыкли к новым требованиям, переходный период занял несколько лет. Но если сравнить качество публикаций 20 лет назад и в настоящее время, то отчетливо видно, какая огромная работа была проделана и как повысился уровень журнала.

В последние годы к статьям, посвященным наиболее актуальным или дискуссионным темам, публикуются редакционные комментарии или мнения читателей.

Вместе с повышением качества научных статей постепенно возрастал и рейтинг журнала в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ). Сейчас наш журнал занимает 45-е место из 528 научных медицинских журналов и является лидером среди журналов по травматологии и ортопедии. Постоянными читателями на сайте журнала являются 1528 пользователей. Двухлетний импакт-фактор с учетом цитирования из всех источников составляет 1,224. Средний индекс Хирша авторов журнала вырос за 10 лет более чем в два раза и составил 7,3 в 2021 г.

Свидетельством высокого качества издания и его соответствия мировым стандартам стало принятие журнала в 2016 г. в самую престижную международную базу данных Web of Science. Журнал включен также в Directory of Open Access Journals (DOAJ) – крупнейший онлайн-каталог высококачественных рецензируемых журналов открытого доступа, объединяющий более 19 тысяч журналов из 134 стран мира.

С 2001 г. журнал «Травматология и ортопедия России» постоянно входит в список периодических изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.



За всю историю журнала нашими авторами стали 1935 специалистов из более чем 200 медицинских организаций. География публикаций охватывает практически все регионы Российской Федерации и 15 зарубежных стран, в том числе США, Германию, Канаду, Норвегию, Италию, Польшу, Чехию, Индию, страны СНГ.

Сейчас, спустя 30 лет, перед редколлегией журнала и редакцией стоят новые задачи. Мы планируем расширить географический охват авторов и научных организаций, сделать журнал привлекательным для зарубежных специалистов, организовать дискуссии по наиболее спорным проблемам специальности на страницах журнала.

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





Отдаленные результаты и оценка эффективности методов лечения остеомиелита позвоночника при различных типах поражений по классификации E. Pola

А.Ю. Базаров^{1,2}, К.С. Сергеев², А.К. Цветкова²

¹ ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2», г. Тюмень, Россия

² ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень, Россия

Реферат

Актуальность. Лечение гематогенного остеомиелита позвоночника сопровождается рядом организационных и тактических проблем, связанных с мультидисциплинарным характером заболевания. При этом абсолютно необходимо использование классификаций, определяющих тактику лечения. Оценка результатов и эффективности методов лечения целесообразно проводить в соответствии с классификационным типом поражения и решениями, принятыми на основании тактического алгоритма.

Цель исследования — выявить зависимость отдаленных результатов лечения гематогенного остеомиелита позвоночника от типа поражения по модифицированной русскоязычной версии классификации E. Pola и использованных методов лечения.

Материал и методы. Выполнен анализ результатов лечения 266 больных гематогенным остеомиелитом позвоночника за 2006–2019 гг. Поражения типа А составили 24,1% ($n = 64$), В — 47,0% ($n = 125$), С — 26,3% ($n = 70$), поражения отростков позвонков — 2,6% ($n = 7$). Неврологические нарушения выявлены в 53 наблюдениях при типе С. Выполнялись консервативное лечение, санирующие, стабилизирующие и реконструктивные вмешательства. Оценка результатов проводилась через год и более после выписки.

Результаты. Отмечена максимальная эффективность консервативного метода при неосложненном течении и незначительной костной деструкции. Консервативное лечение поражений типа А привело к выздоровлению в 97,4% наблюдений в сравнении с реконструктивными операциями ($p = 0,002$) и рецидивами ($p = 0,034$). Летальность была выше после реконструктивных вмешательств ($p = 0,001$). При поражениях типа В отмечено максимальное количество летальных исходов после санации очага — 15,8% ($p = 0,022$). Анализ поражений типа С не выявил значимых различий между использованными методами лечения. Максимальное количество неудовлетворительных результатов зарегистрировано у больных с сепсисом: летальность составила 17,4%, а при его отсутствии — 4,9% ($p = 0,039$), рецидивы — 21,7% против 7,8% ($p = 0,043$), выздоровления — 56,6% против 83,5% ($p = 0,004$) соответственно. Различий в оценках по шкалам ODI, NDI, SF-36 в отдаленном периоде не выявлено. Общая выживаемость составила 84,4%, отдаленная — 90,4% с ее повышением при консервативном лечении в сравнении с реконструктивными вмешательствами ($p = 0,045$).

Заключение. Консервативное лечение и внеочаговая фиксация позвоночника показали максимальную эффективность при малодеструктивных и неосложненных поражениях (тип А). Реконструктивные вмешательства приводят к повышению количества рецидивов и летальных исходов. Санация очага при септическом течении поражений типа В приводит к увеличению госпитальной летальности. Не выявлено статистически значимых различий между результатами различных методов лечения поражений типа С.

Ключевые слова: остеомиелит позвоночника, спондилит, спондилодисцит, классификация остеомиелита позвоночника.

Для цитирования: Базаров А.Ю., Сергеев К.С., Цветкова А.К. Отдаленные результаты и оценка эффективности методов лечения остеомиелита позвоночника при различных типах поражений по классификации E. Pola. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):7-17. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7445>.

Базаров Александр Юрьевич; e-mail: tyumen_trauma@mail.ru

Рукопись получена: 28.02.2023. Рукопись одобрена: 27.04.2023. Статья опубликована онлайн: 17.05.2023.

© Базаров А.Ю., Сергеев К.С., Цветкова А.К., 2023

Long-term Outcomes and Effectiveness of Treatment Methods for Vertebral Osteomyelitis With Different Types of Lesions According to the E. Pola Classification

Alexander Yu. Bazarov^{1,2}, Konstantin S. Sergeev², Aleksandra K. Tsvetkova²

¹ Tyumen Regional Hospital No 2, Tyumen, Russia

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract

Background. Treatment of vertebral osteomyelitis (VO) is accompanied by a number of organizational and tactical problems related to the multidisciplinary nature of the disease. Therefore, the use of classifications determining treatment tactics is necessary. The evaluation of treatment outcomes and efficacy should be conducted in accordance with the classification type of the lesion and decisions made based on the tactical algorithm.

Aim of the study — to identify the dependence of long-term treatment outcomes of vertebral osteomyelitis on the type of lesion according to the modified Russian version of the E. Pola classification and the methods of treatment used.

Methods. The study analyzed the treatment results of 266 patients with vertebral osteomyelitis from 2006 to 2019. Type A lesions accounted for 24.1% (n = 64), type B — 47.0% (n = 125), type C — 26.3% (n = 70), and lesions of vertebral processes — 2.6% (n = 7). Neurological disorders were detected in 53 observations (type C). Conservative treatment, debridement, and reconstructive surgeries were performed. The evaluation of results was carried out a year or more after discharge.

Results. The maximum effectiveness of conservative treatment was noted in uncomplicated courses and minor bone destruction. Conservative treatment of type A lesions led to recovery in 97.4% of cases compared to reconstructive operations (p = 0.002) and recurrences (p = 0.034). Mortality was higher after reconstructive interventions (p = 0.001). The highest number of fatal outcomes after debridement of the focus was observed in type B lesions — 15.8% (p = 0.022). Analysis of type C lesions did not reveal significant differences between the methods of treatment used. The maximum number of unsatisfactory results was registered in patients with sepsis: mortality was 17.4%, and in its absence — 4.9% (p = 0.039), recurrences — 21.7% versus 7.8% (p = 0.043), recovery — 56.6% versus 83.5% (p = 0.004), respectively. There were no significant differences in the assessments according to the ODI, NDI, SF-36 scales in the long term. The overall survival rate was 84.4%, and the long-term one was 90.4%, which increased with conservative treatment compared to reconstructive interventions (p = 0.045).

Conclusion. Conservative treatment and extra-focal fixation of the spine showed maximum effectiveness in low-destructive and uncomplicated lesions (type A). Reconstructive interventions lead to an increase in the number of recurrences and fatal outcomes. Debridement of the focus in septic course of type B lesions leads to an increase in hospital mortality. There were no statistically significant differences between the results of different treatment methods for type C lesions.

Keywords: vertebral osteomyelitis, spondylitis, spondylodiscitis, classification of vertebral osteomyelitis.

Cite as: Bazarov A.Yu., Sergeev K.S., Tsvetkova A.K. Long-term Outcomes and Effectiveness of Treatment Methods for Vertebral Osteomyelitis With Different Types of Lesions According to the E. Pola Classification. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):7-17. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7445>.

✉ Alexander Yu. Bazarov; e-mail: tyumen_trauma@mail.ru

Submitted: 28.02.2023. Accepted: 27.04.2023. Published Online: 17.05.2023.

© Bazarov A.Yu., Sergeev K.S., Tsvetkova A.K., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение продолжительности жизни, наличие сопутствующей патологии в старшей возрастной группе, значимое увеличение объемов плановой хирургической помощи населению и доли пациентов с иммунодефицитом привели к значительному росту воспалительных поражений позвоночника [1, 2, 3, 4].

В общей популяции отмечено увеличение заболеваемости гематогенным остеомиелитом позвоночника (ГОП) с 2,2 на 100 тыс. населения в год в 2008 г. до 11,3 в 2019 г. Этот показатель достигает 21,6 на 100 тыс. населения в год в возрастной группе старше 70 лет и 25,1 — в возрасте 80 лет и старше [5, 6, 7].

Основной классификацией в большинстве исследований является МКБ-10, которая используется для ведения документации и не влияет на выбор метода лечения [5, 7]. Для определения тактики лечения используются руководства и рекомендации [8, 9, 10, 11, 12], но систематизированная оценка результатов лечения в зависимости от используемых классификаций заболевания не приводится. E. Pola с соавторами в 2017 г. предложили новую классификацию спондилитов (NCPS) [13], межэкспертное соглашение по которой среди подготовленных специалистов составило 67% [14]. Авторами классификации приводятся общие данные по результатам лечения, включающие долю выздоровлений, рецидивов, летальных исходов и остаточных болей в спине в зависимости от типа поражения; анализ эффективности использованных методов лечения не приводится, а вентральные вмешательства в лечебном алгоритме отсутствуют [13].

Цель исследования — выявить зависимость отдаленных результатов лечения гематогенного остеомиелита позвоночника от типа поражения по модифицированной русскоязычной версии классификации E. Pola и использованных методов лечения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнено ретроспективное наблюдательное исследование.

Проанализированы данные медицинских карт 266 пациентов с ГОП, проходивших лечение с 2006 по 2019 г. в ГБУЗ ТО ОКБ № 2 г. Тюмени.

Критерии включения: все пациенты с неспецифическим остеомиелитом позвоночника.

Критерии исключения:

- специфический спондилит (туберкулез, бруцеллез);
- послеоперационный спондилит;
- отсутствие катамнеза в течение года и более со дня выписки;
- возраст менее 18 лет.

Пациенты

Для определения типа поражения использовалась модифицированная русскоязычная версия классификации E. Pola [15, 16]. Распределение пациентов по типам и подтипам представлено в таблице 1.

Неврологические нарушения развились в 53 наблюдениях у пациентов с поражениями типа С. Острая и подострая формы заболевания имелись у 160 (60,2%) пациентов, хроническая — у 106 (39,8%). Уровень поражения локализовался в шейном отделе в 20 (7,5%) наблюдениях, в грудном — в 90 (33,8%), в поясничном — в 144 (54,1%), многоуровневые процессы выявлены у 12 (4,5%) пациентов.

Консервативная терапия проводилась у 88 (33,1%) пациентов, оперированы 178 (66,9%) больных. Применялись санирующие, стабилизирующие и реконструктивные операции (табл. 2).

Вентральные вмешательства выполнены у 108 пациентов, у 75 (69,4%) они дополнены транспедикулярной фиксацией. Передний спондилодез 360°, в т.ч. в составе реконструкции, выполнен у 29 (26,8%) больных. Длительность стационарного лечения составила 30,01±16,42 дня.

Таблица 1

Распределение пациентов по типам и подтипам поражения, n (%)

Тип поражения	Подтип поражения				Итого
	A.1	A.2	A.3	A.4	
A	0 (0,0)	44 (68,8)	16 (25,0)	4 (6,2)	64 (100,0)
B	65 (52,0)	42 (33,6)	17 (13,6)	1 (0,8)	125 (100,0)
C	8 (11,4)	15 (21,4)	21 (30,0)	26 (37,2)	70 (100,0)
Поражения, не подлежащие классификации по NCPS*	7 (100,0)				7 (100)

* Поражения задних структур без вовлечения позвоночно-двигательного сегмента (n = 6) и сочленения CI–CII (n = 1).

Таблица 2

Распределение пациентов по методам лечения и типу поражения, *n* (%)

Метод лечения	Тип поражения			Поражения, не подлежащие классификации по NCPs* 7 (2,6)	Итого 266 (100,0)
	A 64 (24,1)	B 125 (47,0)	C 70 (26,3)		
Консервативный	38 (59,4)	42 (33,6)	7 (10,0)	2 (28,6)	89 (33,4)
Санация	12 (18,7)	19 (15,2)	24 (34,3)	5 (71,4)	60 (22,6)
Стабилизация	11 (17,2)	33 (26,4)	6 (8,6)	0 (0,0)	50 (18,8)
Реконструкция	3 (4,7)	31 (24,8)	33 (47,1)	0 (0,0)	67 (25,2)

* Поражения задних структур без вовлечения позвоночно-двигательного сегмента (*n* = 6) и сочленения СI–СII (*n* = 1).

Оценка результатов

Оценка результатов проводилась через год после выписки из больницы. В отдаленном периоде оценивались: выраженность боли по ВАШ, функциональное состояние шейного отдела позвоночника по Neck Disability Index (NDI), поясничного — по Oswestry Disability Index (ODI), тяжесть неврологических нарушений по шкале Frankel, данные опросника SF-36.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 21.

Распределение количественных переменных оценивали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. При нормальном распределении переменные представлены в виде среднего значения (*M*) и стандартного отклонения (*SD*), при распределении, отличном от нормального, — в виде медианы (*Me*) и интерквартильного размаха (25-й и 75-й процентиля). При сравнении показателей в двух группах при их нормальном распределении был использован *t*-критерий Стьюдента, при распределении, отличном от нормального, — критерий Манна–Уитни. При сравнении более двух групп использовали дисперсионный анализ или критерий Крускала–Уоллиса с поправкой Бонферрони. Для сравнения переменных в динамике использовали критерий Вилкоксона. Качественные показатели в несвязанных группах сравнивали критерием χ^2 или точным критерием Фишера, в динамике — критерием МакНеймара. При сравнении более двух групп проводили коррекцию уровня значимости, применяя поправку Бонферрони: полученные в результате попарных сравнений исходные *p*-значения умножались на число выполненных сравнений. Анализ выживаемости проведен методом Каплана–Мейера с построением кривых выживаемости и использованием логрангового критерия для сравнения вы-

живаемости в группах. Значимыми считались различия при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все пациенты проходили стационарное лечение в травматолого-ортопедическом или нейрохирургическом отделении ОКБ № 2 г. Тюмени. В большинстве случаев койко-день определялся длительностью курса антибактериальной терапии (АБТ) при консервативном лечении, а также течением послеоперационного периода. Средняя продолжительность АБТ составила 1,8–3,8 нед. в стационаре и 4,0–7,2 нед. — амбулаторно. Выявлено увеличение длительности лечения антибактериальными препаратами от моносегментарных поражений к полисегментарным и многоуровневым, которая составила 1,8–3,8 и 1,6–4,2 нед. на стационарном этапе и 3,9–7,2 и 4,2–7,2 нед. — на амбулаторном.

Методы хирургического лечения делятся на три основных типа: санирующие, стабилизирующие и реконструктивные. Оценка их эффективности проводилась в зависимости от основных типов поражения по классификации E. Pola с соавторами. Отмечено статистически значимое увеличение количества стабилизирующих вмешательств при типе поражения А в сравнении с более тяжелыми формами заболевания ($p < 0,001$). В указанных случаях транспедикулярная фиксация выполнялась малоинвазивно, без вмешательства на инфекционно-воспалительном очаге, что избавляло пациента от длительного ношения жесткого корсета и повышало качество жизни. Доля реконструктивных вмешательств увеличивалась при поражениях типов В ($p = 0,036$) и С ($p < 0,001$) в сравнении с поражениями без костной деструкции, неврологических нарушений и эпидурально-го абсцесса (тип А).

Распределение исходов заболевания в зависимости от типа поражения и метода лечения представлено в таблице 3.

Таблица 3

Исходы заболевания в зависимости от типа поражения и метода лечения, *n* (%)

Тип поражения	Исход лечения*	Метод лечения				<i>p</i>
		Консервативный	Хирургический			
			санация	стабилизация	реконструкция	
А	Выздоровление	37 (97,4)	10 (83,3)	10 (90,9)	1 (33,3)	0,002
	Рецидив	0 (0,0)	2 (16,7)	1 (9,1)	0 (0,0)	0,089
	Летальный	1 (2,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (66,7)	0,001
	Итого	38 (100,0)	12 (100,0)	11 (100,0)	3 (100,0)	
В	Выздоровление	35 (83,3)	12 (63,2)	30 (90,9)	26 (83,9)	0,087
	Рецидив	3 (7,1)	3 (15,8)	3 (9,1)	4 (12,9)	0,720
	Летальный	2 (4,8)	3 (15,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0,022
	Прогрессирование	2 (4,8)	1 (5,3)	0 (0,0)	1 (3,2)	0,641
	Итого	42 (100,0)	19 (100,0)	33 (100,0)	31 (100,0)	
С	Выздоровление	5 (83,3)	17 (68,0)	5 (83,3)	23 (69,7)	0,795
	Рецидив	1 (16,7)	5 (20,0)	0 (0,0)	1 (3,0)	0,137
	Летальный	0 (0,0)	2 (8,0)	0 (0,0)	5 (15,2)	0,490
	Прогрессирование	0 (0,0)	1 (4,0)	1 (16,7)	4 (12,1)	0,520
	Итого	6 (100,0)	25 (100,0)	6 (100,0)	33 (100,0)	

* Один пациент с летальным исходом при моновертебральном поражении (не классифицированный по NCPS) в таблицу не включен.

При анализе данных, приведенных в таблице 3, выявлены некоторые статистически значимые различия для разных типов поражения.

Для поражений типа А: максимальное количество выздоровевших пациентов отмечено при консервативном лечении (97,4%) и стабилизирующих операциях (90,9%), а минимальное — при реконструктивных вмешательствах 33,3% ($p = 0,002$). Выполнение реконструктивных вмешательств при указанных поражениях привело к 66,7% летальных исходов, в то время как при консервативной терапии летальность составила 2,6% ($p = 0,001$).

Для поражений типа В: консервативное лечение сохраняет высокую эффективность при подтипах В.1 — (82,8%) и В.2 (85,7%), которая снижается с нарастанием тяжести костной деструкции. После внеочаговой инструментальной фиксации при малодеструктивных поражениях выздоровления составляют для подтипа В.1 — 82,4%, для В.2 — 100%. Костно-деструктивные процессы с объективными признаками нестабильности пораженного сегмента являлись показанием к реконструктивным операциям, в т.ч. с использованием вентральных доступов. В целом госпитальная летальность при поражениях типа В составила 4,0%, отмечено ее увеличение после санирующих

вмешательств до 15,8% ($p = 0,022$), при этом показания к операции были обусловлены общим тяжелым состоянием пациента.

Для поражений типа С: консервативное лечение применялось только при отсутствии неврологических нарушений и/или наличии абсолютных противопоказаний к операции. Внеочаговая стабилизация выполнялась исключительно при подтипах С.1 и С.2 у неврологически интактных пациентов. Дренирование очага поражения и декомпрессия из вентрального или дорзального доступа являются методом выбора при формировании острого неврологического дефицита или сепсиса, когда реконструкция невозможна вследствие тяжести состояния. Стабильная гемодинамика и компенсация витальных функций являлись основанием для реконструктивных вмешательств при поражениях подтипов С.2—С.4. Мы не выявили статистически значимых различий в количестве случаев выздоровления, рецидивов и госпитальных летальных исходов в зависимости от метода лечения, что позволяет сделать вывод о правильном тактическом подходе при лечении поражений типа С. Исходы лечения ГОП по типам поражения вне зависимости от метода лечения приведены в таблице 4.

Таблица 4

Распределение пациентов по результатам лечения в зависимости от типа поражения вне зависимости от метода лечения, n (%)

Критерий	Тип поражения			p
	A	B	C	
Выздоровление	57 (89,0)	103 (82,4)	50 (71,4)	0,016
Рецидив/прогрессирование	4 (6,3)	17 (13,6)	13 (18,6)	0,106
Госпитальная летальность	3 (4,7)	5 (4,0)	7 (10,0)	0,207
Итого	64 (100,0)	125 (100,0)	70 (100,0)	

При анализе данных, представленных в таблице 4, отмечается статистически значимое уменьшение количества выздоровевших пациентов при увеличении тяжести поражения позвоночника ($p = 0,016$).

Тяжесть неврологических нарушений была выше у пациентов после санирующих ($p = 0,002$) и реконструктивных ($p < 0,001$) вмешательств как до начала лечения ($p = 0,001$), так и после него ($p < 0,001$). Выявлено статистически значимое снижение тяжести неврологического дефицита в послеоперационном периоде после санирующих и реконструктивных вмешательств ($p = 0,004$). После

стабилизирующих операций такой зависимости не выявлено ($p = 0,180$). Динамика неврологического дефицита в зависимости от метода до и после лечения представлена в таблице 5.

В группах консервативного и хирургического лечения тяжесть неврологических нарушений была значимо меньше в отдаленном периоде ($p < 0,001$).

Существенные различия в результатах лечения отмечены у пациентов с сепсисом, который при поражениях типа А встречался в 26,1% ($n = 6$), при поражениях типа В — в 34,8% ($n = 8$), при типе С — в 39,1% ($n = 9$). Исходы лечения в зависимости от наличия сепсиса представлены в таблице 6.

Таблица 5

Динамика неврологического дефицита до и после лечения в зависимости от метода лечения, n (%)

Неврологический дефицит по Frankel	Метод лечения			
	Консервативный		Хирургический	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
A	0 (0,0)	0 (0,0)	12 (6,7)	7 (3,9)
B	0 (0,0)	0 (0,0)	9 (5,1)	2 (1,1)
C	1 (1,1)	0 (0,0)	20 (11,2)	16 (9,0)
D	1 (1,1)	0 (0,0)	10 (5,6)	19 (10,7)
E	86 (97,8)	88 (100,0)	124 (69,7)	134 (75,3)
R*	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (1,7)	0 (0,0)

* R — корешковый синдром; $p < 0,001$.

Таблица 6

Исходы лечения пациентов в зависимости от наличия сепсиса, n (%)

Критерий	Сепсис		p
	отсутствует	имеется	
Выздоровление	203 (83,5)	13 (56,5)	0,004
Рецидив	19 (7,8)	5 (21,7)	0,043
Прогрессирование*	9 (3,8)	1 (4,3)	0,602
Госпитальная летальность	12 (4,9)	4 (17,4)	0,039
Итого	243 (100,0)	23 (100,0)	

* Прогрессирование на фоне проводимого комплексного лечения.

Проведенный анализ выявил статистически значимое увеличение доли летальных исходов на 12,5% ($p = 0,039$), рецидивов — на 13,9% ($p = 0,043$) и снижение числа выздоровевших пациентов на 27% ($p = 0,004$) при наличии сепсиса в сравнении с группой больных без данного осложнения.

Отдаленные результаты оценивались в срок не ранее года после выписки из стационара. Основными критериями являлись выраженность болевого синдрома по ВАШ, функциональное состояние позвоночника по ODI, NDI и общее состояние здоровья пациента по SF-36. Отмечено статистически значимое снижение выраженности

болевого синдрома через год и более после выписки ($p < 0,001$). Результаты лечения в зависимости от метода приведены в таблице 7.

Статистически значимых различий при оценке результатов между группами сравнения не выявлено. Показатели, отражающие отдаленные результаты лечения в зависимости от типа поражения, представлены в таблице 8.

При анализе интенсивности боли в зависимости от основных типов поражения по E. Pola также выявлено ее снижение в отдаленном периоде ($p < 0,001$) во всех группах сравнения. Различий в тяжести болевого синдрома в зависимости от типа поражения не выявлено ($p > 0,05$).

Таблица 7

Отдаленные результаты лечения в зависимости от метода лечения

Критерий	Метод лечения		p
	Консервативный	Оперативный	
ВАШ до лечения, Ме [25%; 75%]	9,0 [8,00; 10,00]	9,0 [8,00; 10,00]	0,790
ВАШ после лечения, Ме [25%; 75%]	2,0 [0,00; 4,00]	2,0 [0,00; 3,00]	0,425
NDI, Ме [25%; 75%]	–	12,17 [9,00; 17,00]	–
ODI, Ме [25%; 75%]	16,0 [4,00; 26,00]	12,67 [2,00; 31,10]	0,626
PH (SF-36), M±SD	40,33±10,04	41,00±10,57	0,824
MH (SF-36), M±SD	47,00±11,62	47,28±10,71	0,776

При сравнении интенсивности болевого синдрома до лечения и в отдаленном периоде отмечено статистически значимое его снижение внутри групп сравнения ($p < 0,001$).

Таблица 8

Показатели, отражающие отдаленные результаты лечения в зависимости от типа поражения

Критерий	Тип поражения			p
	A	B	C	
	Ме [25; 75%]	Ме [25; 75%]	Ме [25; 75%]	
ВАШ до лечения, Ме [25%; 75%]	9,0 [8,00; 10,00]	9,0 [8,00; 10,00]	10,0 [8,00; 10,00]	0,640
ВАШ после лечения, Ме [25%; 75%]	2,0 [0,00; 4,00]	2,0 [0,00; 2,00]	2,0 [0,00; 4,00]	0,260
NDI, Ме [25%; 75%]	–	–	12,17 [9,00; 17,00]	–
ODI, Ме [25%; 75%]	16,0 [0,00; 20,00]	13,33 [4,00; 28,00]	29,40 [4,00; 36,00]	0,223
PH (SF-36), M±SD	39,26±9,10	41,59±10,23	39,69±11,29	0,578
MH (SF-36), M±SD	47,55±8,14	46,98±11,28	47,37±12,37	0,973

При сравнении интенсивности болевого синдрома до лечения и в отдаленном периоде отмечено статистически значимое его снижение внутри групп сравнения ($p < 0,001$).

Расчет выживаемости проводился по данным 198 пациентов, что составило 74,4% от общей численности когорты. Период наблюдения за пациентами составил 47,50 [25,00; 82,00] мес.

Общая выживаемость для всех типов поражения за весь период наблюдения составила 84,4%. Статистически значимых различий между типами поражения не выявлено, однако в абсолютных чис-

лах данный показатель снижался с увеличением тяжести заболевания: 92,1% — для типа А; 86,8% — для типа В и 76,0% — для типа С. Отмечена тенденция к увеличению выживаемости при типе А в сравнении с типом С ($p = 0,080$). Анализ доли выживших пациентов при консервативном лечении и основных видах хирургических вмешательств позволил выявить следующие раз-

личия: выживаемость при консервативном лечении достигла 92,1%, при стабилизирующих операциях — 88,9%, при санирующих — 84,2%, при реконструктивных — 74,3%. Статистически значимые различия выявлены между консервативным лечением и спондилезом 360° (Log Rank = 4,028; $p = 0,045$). Максимальная выживаемость отмечена при отсутствии хирургическо-

го вмешательства и снижалась с нарастанием его объема и инвазивности.

Отдаленная выживаемость (после выписки из стационара) составила 90,4%, при этом не выявлено статистически значимых различий в группах консервативного и оперативного лечения — 95,5% и 88,4% соответственно (Log Rank = 1,286; $p = 0,257$) (рис. 1).

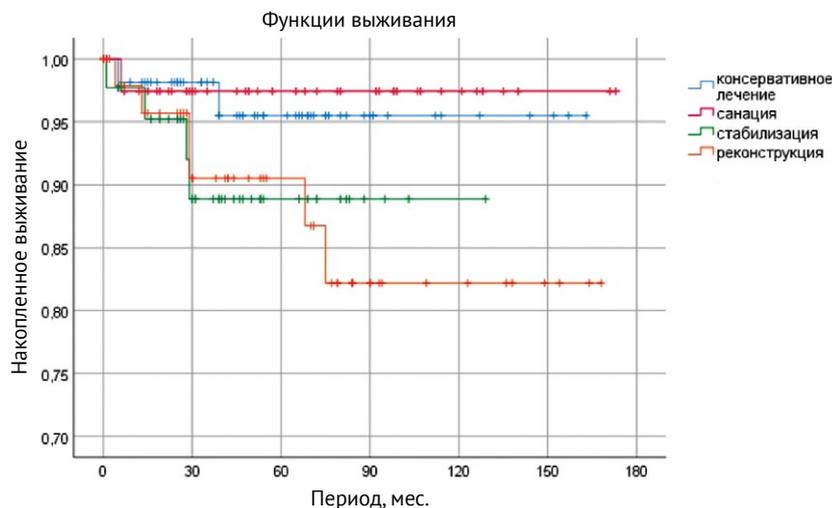


Рис. 1. Выживаемость пациентов в отдаленном периоде в зависимости от метода лечения и вида операции

Fig. 1. Patient survival in the long-term period depending on the treatment method and type of surgery

ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка результатов лечения ГОП в большинстве публикаций традиционно проводится путем сравнения локализации патологического процесса, наличия осложнений, эффективности методов лечения, видов операций [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23], или обосновывается необходимость хирургического лечения при отсутствии должной динамики на фоне консервативной терапии [24]. Необходимость мультидисциплинарного подхода к лечению ГОП признается многими исследователями [25, 26]. Первый опыт применения тактических классификаций и алгоритмов отмечен стремлением доказать правильность данного подхода, и авторы приводят общие результаты лечения в зависимости от варианта развития патологического процесса без доказательств эффективности предложенных лечебных опций [10, 11, 13].

Если первым шагом в лечении мультидисциплинарных заболеваний является разработка тактической классификации [10, 27], вторым — оценка ее валидности [14, 16], то третьим, безусловно, должна быть оценка эффективности предложенного алгоритма, то есть соответствие типа/подтипа поражения использованному методу лечения. При использовании в клинической практике указанных классификаций возможность учета различных вариантов течения заболевания выше в New classification for the treatment of pyogenic spondylodiscitis E. Pola с соавторами [13] без увеличения трудоемкости ее применения.

Использование данной классификации в России носит рекомендательный характер, хотя в профильных учреждениях, где концентрируются больные остеомиелитом позвоночника, она активно применяется [16].

В оригинальной работе E. Pola с соавторами приведены три основных типа поражения: А — без костно-деструктивных проявлений, В — с костной деструкцией и С — с эпидуральным абсцессом и/или неврологическим дефицитом. Критерии в виде степени вовлечения паравертебральных тканей, нестабильности пораженного отдела позвоночника, наличия неврологического дефицита позволяют выбрать оптимальную схему лечения больного [13]. Однако существуют некоторые ограничения использования обсуждаемой классификации, в число которых входят: специфическая этиология заболевания, послеоперационные спондилодисциты, локализация в шейном отделе позвоночника [16]. Ряд дополнений, таких как учет наличия синдрома системного воспалительного ответа и сепсиса, лечебных опций для шейного отдела позвоночника, необходим при формировании алгоритма, учитывающего поражения всех отделов позвоночника и наиболее значимые осложнения [28].

Представленные в нашей работе результаты приведены для трех основных типов поражения. Основным методом лечения для поражений типа А является консервативный в сравнении с типами В и С, при которых доля оперированных значимо

возрастает ($p < 0,01$). При поражениях типа С ламинэктомия выполнялась чаще, чем при типе В ($p < 0,001$). Выполнение заднего доступа с элементами костной резекции для типов В и С может быть обосновано только для поражений дуг или отростков позвонков или реконструкции из заднего доступа. Частота выполнения вентральной санации и/или реконструкции возрастает при поражениях типа С в сравнении с типами А ($p = 0,012$) и В ($p < 0,001$). Таким образом, объем хирургического вмешательства строго коррелирует с типом/под-

типом поражения (тяжестью заболевания) с сохранением высокой эффективности консервативного лечения при неосложненном течении заболевания.

Учитывая отсутствие данных по эффективности методов лечения в работе E. Pola с соавторами, мы провели сравнение основных результатов, учитывая сопоставимое количество пациентов в обоих исследованиях — 250 и 259 наблюдений, классифицированных по NCPS. Сравнительный анализ собственных результатов лечения ГОП с данными E. Pola с соавторами представлен в таблице 9.

Таблица 9

Распределение исходов лечения гематогенного остеомиелита позвоночника в зависимости от типа поражения в сравнении с данными E. Pola с соавторами [13], n (%)

Исход лечения	Тип поражения					
	А		В		С	
	Е. Pola с соавт.	Собственное исследование	Е. Pola с соавт.	Собственное исследование	Е. Pola с соавт.	Собственное исследование
Выздоровление	81 (96,43)	57 (89,06)	43 (93,48)	103 (82,40)	108 (90,00)	50 (71,43)
Рецидив	8 (9,52)	4 (6,25)	2 (4,35)	17 (13,60)	4 (3,33)	13 (18,57)
Летальность	3 (3,57)	3 (4,69)	3 (6,52)	5 (4,00)	6 (5,00)	7 (10,00)
Итого	84 (33,60)	64 (24,10)	46 (18,40)	125 (47,00)	120 (48,00)	70 (26,30)

В представленных исследованиях имеются различия в структуре заболевания, сроках диагностики и, соответственно, в результатах лечения, что связано с преобладанием поражений типа С в работе E. Pola с соавторами и типа В в нашем исследовании. Вынуждены констатировать, что сопоставление общего количества пациентов без анализа по подтипам, учета тяжести неврологического дефицита, протяженности паравертебральных абсцессов, степени нестабильности пораженного отдела позвоночника не позволяют провести прямое сопоставление полученных результатов. Вероятно, данные различия связаны со сроками постановки диагноза, возрастным составом исследуемой когорты и коморбидностью и организацией оказания помощи пациентам. Важно отметить, что следование тактическим классификациям, лечебно-диагностическим алгоритмам непременно должно согласовываться с базовыми принципами лечения ГОП, в частности адекватной по составу и продолжительности АБТ и иммобилизацией пораженного отдела позвоночника [9, 24, 29, 30].

Исследование эффективности методов лечения остеомиелита позвоночника применительно к типам поражения и обоснованности тактического алгоритма целесообразно продолжить в многоцентровом проспективном исследовании, что позволит решить ряд организационных и практических задач в лечении исследуемого мультидисциплинарного заболевания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системный подход к лечению с использованием тактической классификации и лечебного алгоритма позволяет оценить эффективность использованных методов для различных типов остеомиелитического поражения позвоночника. При малодеструктивных и не осложненных сепсисом поражениях типов А и В консервативное лечение и внеочаговая фиксация позволяют достичь 97,4% и 90,9% выздоровлений соответственно ($p = 0,002$). Использование реконструктивных вмешательств приводит к повышению количества рецидивов и летальности ($p = 0,001$). Летальность при поражениях типа В после санирующих вмешательств достигает 15,8% ($p = 0,022$), что обусловлено наличием сепсиса у оперированных больных. Для поражений типа С не выявлено статистически значимых различий в результатах использования представленных методов лечения. Отмечено значимое снижение болевого синдрома в отдаленном периоде во всех группах пациентов ($p < 0,001$) и тяжести неврологического дефицита в послеоперационном периоде ($p < 0,001$). Различий в результатах лечения в отдаленном периоде по шкалам ODI, NDI, SF-36 не выявлено. Общая выживаемость составила 84,4%, отдаленная — 90,4% со значимым ее повышением при консервативном лечении в сравнении с реконструктивными вмешательствами.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Базаров А.Ю. — идея и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи.

Сергеев К.С. — анализ и интерпретация результатов, редактирование текста статьи.

Цветкова А.К. — сбор информации, анализ отдаленных результатов лечения, анализ данных.

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

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

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Sobottke R., Zarghooni K., Kregel M., Delank S., Seifert H., Fätkenheuer G. et al. Treatment of spondylodiscitis in human immunodeficiency virus-infected patients: a comparison of conservative and operative therapy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(13):E452-458. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181a0aa5b.
- Вишневецкий А.А. Неспецифический остеомиелит позвоночника как проблема нозокомиальной инфекции. *Вопросы травматологии и ортопедии*. 2013;1(6):14-19. Vichnevsky A.A. The nonspecific osteomyelitis of the spine as a problem of nosocomial infection. *Voprosy travmatologii i ortopedii*. 2013;1(6):14-19. (In Russian).
- Шувалова Е.В., Вишневецкий А.А. Коморбидность у больных ВИЧ-инфекцией и туберкулезным спондилитом как фактор риска инфекционных осложнений. *Хирургия позвоночника*. 2020;17(1):96-101. doi: 10.14531/ss2020.1.96-101. Shuvalova E.V., Vishnevskiy A.A. Comorbidity in patients with HIV infection and tuberculous spondylitis as a risk factor for infectious complications. *Spine Surgery*. 2020;17(1):96-101. (In Russian). doi: 10.14531/ss2020.1.96-101.
- Maamari J., Tande A.J., Diehn F., Tai D.B.G., Barbari E.F. Diagnosis of vertebral osteomyelitis. *J Bone Joint Infect*. 2022;7(1):23-32. doi: 10.5194/jbji-7-23-2022.
- Grammatico L., Baron S., Rusch E., Lepage B., Surer N., Desenclos J.C., Besnier J.M. Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002-2003. *Epidemiol Infect*. 2008;136(5):653-660. doi: 10.1017/S0950268807008850.
- Akiyama T., Chikuda H., Yasunaga H., Horiguchi H., Fushimi K., Saita K. Incidence and risk factors for mortality of vertebral osteomyelitis: a retrospective analysis using the Japanese diagnosis procedure combination database. *BMJ Open*. 2013;3(3):e002412. doi: 10.1136/bmjopen-2012-002412.

DISCLAIMERS**Author contribution**

Bazarov A.Yu. — the conception and design of the study, the analysis and interpretation of data, the writing of the article.

Sergeev K.S. — the analysis and interpretation of data, the drafting of the article.

Tsvetkova A.K. — data collection and processing.

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

- Conan Y., Laurent E., Belin Y., Lacasse M., Amelot A., Mulleman D. et al. Large increase of vertebral osteomyelitis in France: a 2010-2019 cross-sectional study. *Epidemiol Infect*. 2021;149:e227. doi: 10.1017/S0950268821002181.
- Primary infectious spondylitis, and following intradiscal procedure, without prosthesis. Short text. *Med Mal Infect*. 2007;37(9):554-572. (In French). doi: 10.1016/j.medmal.2007.03.008.
- Barbari E.F., Kanj S.S., Kowalski T.J., Darouiche R.O., Widmer A.F., Schmitt S.K. et al. Infectious Diseases Society of America. 2015 Infectious Diseases Society of America (IDSA) Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Native Vertebral Osteomyelitis in Adults. *Clin Infect Dis*. 2015;61(6):e26-46. doi: 10.1093/cid/civ482.
- Homagk L., Homagk N., Klauss J.R., Roehl K., Hofmann G.O., Marmelstein D. Spondylodiscitis severity code: scoring system for the classification and treatment of non-specific spondylodiscitis. *Eur Spine J*. 2016;25(4):1012-1020. doi: 10.1007/s00586-015-3936-8.
- Homagk L., Homagk N., Meise H.J., Hofmann G.O., Marmelstein D.A. Spondylodiscitis scoring system: SponDT – spondylodiscitis diagnosis and treatment. *JSM Spine*. 2016;1(1):1004. Available from: <https://www.jscimedcentral.com/Spine/spine-1-1004.pdf>.
- Lazzeri E., Bozzao A., Cataldo M.A., Petrosillo N., Manfrè L., Trampuz A. et al. Joint EANM/ESNR and ESCMID-endorsed consensus document for the diagnosis of spine infection (spondylodiscitis) in adults. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46(12):2464-2487. doi: 10.1007/s00259-019-04393-6.
- Pola E., Autore G., Formica V.M., Pambianco V., Colangelo D., Cauda R. et al. New classification for the treatment of pyogenic spondylodiscitis: validation study on a population of 250 patients with a follow-up of 2 years. *Eur Spine J*. 2017;26(Suppl 4):479-488. doi: 10.1007/s00586-017-5043-5.
- Willhuber G.C., Guiroy A., Zamorano J., Astur N., Valacco M. Independent Reliability Analysis of a New Classification for Pyogenic Spondylodiscitis. *Global Spine J*. 2021;11(5):669-673. doi: 10.1177/2192568220919091.

15. Базаров А.Ю. Классификации неспецифического гематогенного остеомиелита позвоночника. Критический анализ и предложения по применению. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):146-155. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-146-155. (In Russian) Bazarov A.Yu. Classifications of Non-Specific Hematogenous Vertebral Osteomyelitis. Critical Review and Suggestions for Clinical Use. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(1):146-155. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-146-155.
16. Базаров А.Ю., Наумов Д.Г., Мушкин А.Ю., Сергеев К.С., Рябых С.О., Вишневецкий А.А. и др. Новая классификация спондилитов: возможности валидации и мультидисциплинарного межэкспертного консенсуса. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(4):68-76. doi: 10.14531/ss2022.4.68-76. Bazarov A.Yu., Naumov D.G., Mushkin A.Yu., Sergeyev K.S., Ryabikh S.O., Vishnevsky A.A. et al. A new classification of spondylodiscitis: possibility of validation and multidisciplinary expert consensus. *Spine Surgery*. 2022;19(4):68-76. (In Russian). doi: 10.14531/ss2022.4.68-76.
17. Наумов Д.Г., Ткач С.Г., Мушкин А.Ю., Макогонова М.Е. Хронические инфекционные поражения шейного отдела позвоночника у взрослых: анализ моноцентральной когорты и данных литературы. *Хирургия позвоночника*. 2021;18(3):68-76. doi: 10.14531/ss2021.3.68-76. Naumov D.G., Tkach S.G., Mushkin A.Yu., Makogonova M.E. Chronic infectious lesions of the cervical spine in adults: monocentric cohort analysis and literature review. *Spine Surgery*. 2021;18(3):68-76. (In Russian). doi: 10.14531/ss2021.3.68-76.
18. Yagdiran A., Otto-Lambertz C., Lingscheid K.M., Sircar K., Samel C., Scheyerer M.J. et al. Quality of life and mortality after surgical treatment for vertebral osteomyelitis (VO): a prospective study. *Eur Spine J*. 2021;30(6):1721-1731. doi: 10.1007/s00586-020-06519-z.
19. Rutges J.P., Kempen D.H., van Dijk M., Oner F.C. Outcome of conservative and surgical treatment of pyogenic spondylodiscitis: a systematic literature review. *Eur Spine J*. 2016;25(4):983-999. doi: 10.1007/s00586-015-4318-y.
20. Herren C., Jung N., Pishnamaz M., Breuninger M., Siewe J., Sobottke R. Spondylodiscitis: Diagnosis and Treatment Options. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(51-52):875-882. doi: 10.3238/arztebl.2017.0875.
21. Luo W., Ou Y.S., Du X., Wang B. Anterior oblique retroperitoneal approach vs posterior transpedicular approach for the treatment of one- or two-level lumbar vertebral osteomyelitis: a retrospective cohort study. *Int Orthop*. 2020;44(11):2349-2356. doi: 10.1007/s00264-020-04650-6.
22. Lee J.H., Kim J., Kim T.H. Clinical Outcomes in Older Patients Aged over 75 Years Who Underwent Early Surgical Treatment for Pyogenic Vertebral Osteomyelitis. *J Clin Med*. 2021;10(22):5451. doi: 10.3390/jcm10225451.
23. Mehkri Y., Felisma P., Panther E., Lucke-Wold B. Osteomyelitis of the spine: treatments and future directions. *Infect Dis Res*. 2022;3(1):3. doi: 10.53388/idr20220117003.
24. Giampaolini N., Berdini M., Palmisani R., Specchia N., Martiniani M. Non-specific spondylodiscitis: a new perspective for surgical treatment. *Eur Spine J*. 2022;31(2):461-472. doi: 10.1007/s00586-021-07072-z.
25. Ntalos D., Schoof B., Thiesen D.M., Viezens L., Kleinertz H., Rohde H. et al. Implementation of a multidisciplinary infections conference improves the treatment of spondylodiscitis. *Sci Rep*. 2021;11(1):9515. doi: 10.1038/s41598-021-89088-5.
26. Pola E., Taccari F., Autore G., Giovannenze F., Pambianco V., Cauda R. et al. Multidisciplinary management of pyogenic spondylodiscitis: epidemiological and clinical features, prognostic factors and long-term outcomes in 207 patients. *Eur Spine J*. 2018;27(Suppl 2):229-236. doi: 10.1007/s00586-018-5598-9.
27. Almansour H., Pepke W., Akbar M. Pyogenic spondylodiscitis. The quest towards a clinical-radiological classification. *Orthopade*. 2020;49(6):482-493. doi: 10.1007/s00132-019-03836-0.
28. Базаров А.Ю. Актуальные тактические классификации инфекционно-воспалительных поражений шейного отдела позвоночника и их использование на примере серии из 24 наблюдений. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(2):57-66. doi: 10.14531/ss2022.2.57-66. Bazarov A.Yu. Actual tactical classifications of the infectious inflammatory lesions of the cervical spine and their use on the example of a series of 24 cases. *Spine Surgery*. 2022;19(2):57-66. (In Russian). doi: 10.14531/ss2022.2.57-66.
29. Bernard L., Dinh A., Ghout I., Simo D., Zeller V., Issartel B. et al. Duration of Treatment for Spondylodiscitis (DTS) study group. Antibiotic treatment for 6 weeks versus 12 weeks in patients with pyogenic vertebral osteomyelitis: an open-label, non-inferiority, randomised, controlled trial. *Lancet*. 2015;385(9971):875-882. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61233-2.
30. Park K.H., Cho O.H., Lee J.H., Park J.S., Ryu K.N., Park S.Y. et al. Optimal Duration of Antibiotic Therapy in Patients With Hematogenous Vertebral Osteomyelitis at Low Risk and High Risk of Recurrence. *Clin Infect Dis*. 2016;62(10):1262-1269. doi: 10.1093/cid/ciw098.

Сведения об авторах

✉ Базаров Александр Юрьевич — канд. мед. наук
 Адрес: Россия, 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 75
<https://orcid.org/0000-0002-5309-4667>
 e-mail: tyumen_trauma@mail.ru

Сергеев Константин Сергеевич — д-р мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-6621-9449>
 e-mail: sergeev.trauma@inbox.ru

Цветкова Александра Константиновна
<https://orcid.org/0000-0002-6035-261X>
 e-mail: sashablackberry1@gmail.com

Authors' information

✉ Alexander Yu. Bazarov — Cand. Sci. (Med.)
 Address: 75, Mel'nikayte st., Tyumen, 625039, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-5309-4667>
 e-mail: tyumen_trauma@mail.ru

Konstantin S. Sergeev — Dr. Sci. (Med.), Professor
<https://orcid.org/0000-0002-6621-9449>
 e-mail: sergeev.trauma@inbox.ru

Aleksandra K. Tsvetkova
<https://orcid.org/0000-0002-6035-261X>
 e-mail: sashablackberry1@gmail.com



Вентральная динамическая или дорсальная транспедикулярная коррекция и фиксация при хирургическом лечении идиопатического сколиоза типа Lenke 5: сравнение отдаленных результатов

В.С. Переверзев, С.В. Колесов, А.И. Казьмин, Н.С. Морозова, В.В. Швец

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», Минздрава России, г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Несмотря на активное внедрение динамической коррекции при идиопатическом сколиозе, отсутствуют сравнительные исследования результатов дорсальной и вентральной динамической коррекции у пациентов с завершённым и завершающимся ростом.

Цель исследования — сравнить клинические и рентгенологические результаты вентральной динамической коррекции и традиционной дорсальной транспедикулярной коррекции сколиотических деформаций типа Lenke 5 у пациентов с завершённым или завершающимся ростом.

Материал и методы. В исследование было включено 86 пациентов со сколиотическими деформациями типа Lenke 5. В первой группе (54 пациента) выполняли коррекцию деформации из дорсального доступа с использованием ригидной транспедикулярной системы, во второй группе (32 пациента) — с применением системы для динамической коррекции. Средний возраст пациентов составил $22,6 \pm 12,8$ и $27,3 \pm 10,9$ лет соответственно. Изучали рентгенологические данные до операции, сразу после операции и через 2 и более года после операции. Анализировали объем кровопотери, сроки пребывания в стационаре, длительность приема наркотических анальгетиков в раннем послеоперационном периоде. Функциональные результаты оценивали с использованием опросника SRS-22.

Результаты. В первой группе угол Кобба до операции составил $65,5^\circ$, при отдаленном наблюдении — $27,5^\circ$. Переходный кифоз Th10–L2 до операции составил $21,0^\circ$, при отдаленном наблюдении — $13,2^\circ$. Предоперационный угол Кобба основной дуги во второй группе $52,5^\circ$, а в отдаленные сроки — $24,5^\circ$. Переходный кифоз Th10–L2 до операции — $19,5^\circ$, в отдаленные сроки — $19,0^\circ$. Ротация апикального позвонка по Nash — Мое в первой группе до операции составила 1,62, при последнем осмотре — 0,17, во второй группе — 1,80 и 0,81 соответственно. Среднее количество фиксированных уровней составило в первой группе — $6,4 \pm 1,0$, во второй — $5,6 \pm 1,5$. Мобильность грудно-поясничной/поясничной дуги была выше во второй группе — $28,2 \pm 9,1^\circ$ по сравнению с первой группой — $36,0 \pm 7,2^\circ$. До операции поясничный лордоз у пациентов второй группы составил $42,5^\circ$, в отдаленные сроки — $43,5^\circ$, у пациентов первой группы — $43,4^\circ$ и $44,3^\circ$ соответственно.

Заключение. Как задняя ригидная, так и вентральная динамическая коррекция при идиопатическом сколиозе Lenke 5 могут обеспечить удовлетворительный рентгенологический результат при изначально схожей величине грудно-поясничных деформаций у пациентов с завершённым или завершающимся ростом. Однако динамический подход позволяет сократить объем кровопотери, срок пребывания в стационаре, длительность приема наркотических анальгетиков после операции, а также улучшить качество жизни в отдаленном периоде.

Ключевые слова: поясничный сколиоз, коррекция сколиоза, Lenke 5, вентральная динамическая коррекция, транспедикулярная фиксация.

Для цитирования: Переверзев В.С., Колесов С.В., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В. Вентральная динамическая или дорсальная транспедикулярная коррекция и фиксация при хирургическом лечении идиопатического сколиоза типа Lenke 5: сравнение отдаленных результатов. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):18–28. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-3189>.

Переверзев Владимир Сергеевич; e-mail: vcpereverz@gmail.com

Рукопись получена: 30.01.2023. Рукопись одобрена: 11.04.2023. Статья опубликована онлайн: 05.05.2023.

© Переверзев В.С., Колесов С.В., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В., 2023



Anterior Dynamic Versus Posterior Transpedicular Spinal Fusion for Lenke Type 5 Idiopathic Scoliosis: A Comparison of Long-term Results

Vladimir S. Pereverzev, Sergey V. Kolesov, Arkady I. Kazmin, Nataliya S. Morozova, Vladimir V. Shvets

National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia

Abstract

Background. Despite the active implementation of dynamic correction in case of idiopathic scoliosis, there are no comparative studies of results of posterior and anterior dynamic correction in patients with completed and near-completed growth.

Aim of the study – to compare clinical and radiological results of anterior dynamic correction and conventional posterior transpedicular correction of Lenke type 5 scoliotic deformities in patients with completed or near-completed growth.

Methods. Eighty-six patients with Lenke type 5 scoliotic deformities were enrolled in the study. The first group (54 patients) underwent deformity correction via posterior approach using a rigid transpedicular system; the second group (32 patients) – using dynamic correction system. Mean patients' age was 22.6 ± 12.8 and 27.3 ± 10.9 years, respectively. We studied radiological data before surgery, immediately after surgery, and 2 or more years after surgery. Blood loss volume, duration of hospital stay, and duration of narcotic analgesics intake in the early postoperative period were analyzed. Functional results were assessed using SRS-22 questionnaire.

Results. Preoperative Cobb angle in the first group was 65.5° , and 27.5° at the long-term follow-up. Junctional kyphosis of T10-L2 before surgery was 21.0° and 13.2° at the long-term follow-up. Preoperative Cobb angle of the initial curve in the second group was 52.5° and 24.5° at the long-term follow-up. Junctional kyphosis of T10-L2 before surgery was 19.5° , and 19.0° at the long-term follow-up. Nash and Moe apical vertebral rotation in the first group before surgery was 1.62 and 0.17 at the last follow-up; in the second group, it was 1.80 and 0.81, respectively. Mean number of fixed levels was 6.4 ± 1.0 in the first group and 5.6 ± 1.5 in the second group. Mobility of the thoracolumbar/lumbar curve was higher in the second group, $28.2 \pm 9.1^\circ$, compared with $36.0 \pm 7.2^\circ$ in the first group. Preoperatively, lumbar lordosis in the second group was 42.5° , in the long-term period – 43.5° , and in the first group – 43.4° and 44.3° , respectively.

Conclusion. Both posterior rigid and anterior dynamic correction in case of Lenke type 5 idiopathic scoliosis can provide satisfactory radiological results with initially similar thoracolumbar deformities in patients with completed or near-completed growth. However, dynamic approach can reduce blood loss, duration of hospital stay, duration of narcotic analgesics intake after surgery, and improve quality of life in the long-term period.

Keywords: lumbar scoliosis, spinal fusion, Lenke type 5, anterior dynamic fusion, transpedicular fusion.

Cite as: Pereverzev V.S., Kolesov S.V., Kazmin A.I., Morozova N.S., Shvets V.V. Anterior Dynamic Versus Posterior Transpedicular Spinal Fusion for Lenke Type 5 Idiopathic Scoliosis: A Comparison of Long-term Results. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):18-28. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-3189>.

✉ Vladimir S. Pereverzev; e-mail: vcpereverz@gmail.com

Submitted: 30.01.2023. Accepted: 11.04.2023. Published Online: 05.05.2023.

© Pereverzev V.S., Kolesov S.V., Kazmin A.I., Morozova N.S., Shvets V.V., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Одной из частых дилемм, с которой сталкивается спинальный хирург, занимающийся лечением идиопатического сколиоза, является выбор тактики лечения пациента с законченным ростом, у которого есть рентгенологические показания для операции, умеренная степень деформации, но заболевание протекает бессимптомно. Пациенты и их семьи обсуждают и оценивают преимущества оперативного лечения, ищут альтернативные (как хирургические, так и нехирургические) методы, особенно при отсутствии болей, легочной дисфункции или других проблем, связанных с деформацией позвоночника [1]. Кроме того, хирургическая коррекция у пациента с законченным ростом часто вызывает опасения по поводу возможности различных осложнений, особенно паралича. Поэтому стали появляться исследования, сравнивающие результаты хирургического лечения сколиоза в подростковом и взрослом возрасте, чтобы доказать преимущества выполнения коррекции в более молодом возрасте.

У пациентов, которые подвергаются хирургическому лечению идиопатического сколиоза из дорсального доступа в более молодом возрасте, меньше уровней фиксации, ниже кровопотеря, меньше продолжительность операции, а также меньше осложнений по сравнению со взрослыми, которые прошли через естественное течение сколиоза, его прогрессирование и обратились за лечением позже, хотя рентгенологические данные коррекции схожи и улучшение качества жизни после операции наблюдается в обеих когортах [2]. Вместе с тем подходы к оперативному лечению идиопатического сколиоза остаются дискуссионными. В частности, при хирургическом лечении сколиоза с основной дугой в поясничном или грудно-поясничном отделе (тип Lenke 5) нет консенсуса в вопросах выбора доступа (вентральный или дорсальный) [3], оптимальных точек фиксации [4, 5], предотвращения осложнений [6] и, что немало важно, в выборе инструментария. Согласно классификации Lenke, оптимальным для вентральной коррекции является тип 5 деформации [7]. В период использования при дорсальной хирургии крюков вентральная коррекция давала лучшие результаты, так как винты позволяли улучшить деротационный эффект [8, 9]. Но после начала использования транспедикулярных винтов ситуация изменилась — эффективность коррекции увеличилась и стала сопоставима с вентральной коррекцией. Большинство хирургов в мире стали использовать дорсальную транспедикулярную коррекцию и фиксацию, так как ее выполнение технически проще [10, 11]. В целом не выявлено разницы в рентгенологических и клинических результатах

у пациентов после передней или задней коррекции с использованием ригидной фиксации при сколиозе Lenke 5 [12]. Однако риски и преимущества каждого подхода рассматриваются хирургом и пациентом индивидуально [12].

С недавнего времени хирурги начали использовать динамические системы коррекции, сначала у пациентов детского возраста с целью моделирования роста [13, 14, 15], а затем и у пациентов с завершающимся или завершенным ростом как опцию [6, 16]. Использование динамической системы коррекции сохраняет подвижность в зоне фиксации, что подтверждается биомеханическими исследованиями [17]. Также динамическая коррекция позволяет пациентам в короткие сроки вернуться к привычной физической активности и занятиям спортом [18].

Несмотря на активное внедрение динамических систем коррекции при лечении идиопатического сколиоза, сообщений о результатах использования данного метода у пациентов с завершенным или завершающимся ростом практически нет, так же как и сравнительных исследований использования дорсальной коррекции (формированием спондилодеза) и вентральной динамической коррекции.

Цель исследования — сравнить клинические и рентгенологические результаты вентральной динамической коррекции и традиционной дорсальной транспедикулярной коррекции сколиотических деформаций типа Lenke 5 у пациентов с завершенным или завершающимся ростом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн

Проведено ретроспективное нерандомизированное когортное сравнительное исследование, основанное на анализе данных пациентов с идиопатическим сколиозом типа Lenke 5, которым была выполнена коррекция деформации из дорсального доступа с использованием ригидной транспедикулярной системы (с формированием спондилодеза) и системы для динамической коррекции (коррекция без спондилодеза).

Критерии включения:

- 1) идиопатический сколиоз Lenke 5;
- 2) одноэтапная операция по поводу сколиоза Lenke 5 из дорсального доступа с использованием транспедикулярной фиксации и формированием спондилодеза или динамическая фиксация с использованием транскорпорального проведения винтов, соединенных гибким кордом из полиэтилентерефталата;
- 3) период наблюдения более 2 лет.

Критерии исключения:

- 1) неселективная фиксация;
- 2) неполные рентгенографические данные.

В исследование вошли 86 пациентов, прооперированные в период с 2013 по 2021 г. одним хирургом, который имел опыт как вентральной, так и дорсальной коррекции сколиоза.

В первую группу вошло 54 пациента с поясничным или груднопоясничным идиопатическим сколиозом в возрасте от 16 до 41 года: 48 женщин и 6 мужчин. В этой группе пациентам выполнялась классическая дорсальная коррекция с использованием транспедикулярных винтов. Осуществлялся задний доступ со скелетированием задних элементов позвонков, устанавливались транспедикулярные винты методом свободной руки с после-

дующим рентгеноконтролем, у части пациентов выполняли задний релиз (остеотомия Ponte на нескольких уровнях). Проводилась трехплоскостная коррекция на стержнях с выполнением заднего спондилодеза (рис. 1).

Вторую группу составили 32 пациента в возрасте от 14 до 44 лет: 29 женщин и 3 мужчины. В этой группе выполнялась торакофренолюмботомия без резекции ребер. В тела позвонков устанавливали по два винта со степлами (опорными пластинами), коррекция осуществлялась с использованием двух кордов (рис. 2). В данной группе применялась система Zimmer Dynesis.



Рис. 1. Рентгенограммы пациентки 31 года с левосторонним поясничным сколиозом до и через 2 года после дорсальной коррекции и фиксации Th11–L4. Достигнут удовлетворительный результат. При отдаленном наблюдении потери коррекции не отмечается

Fig. 1. X-rays of a 31-year-old patient with left-sided lumbar scoliosis before and 2 years after posterior correction and T11-L4 fixation. Satisfactory result was achieved. No loss of correction was observed at the long-term follow-up

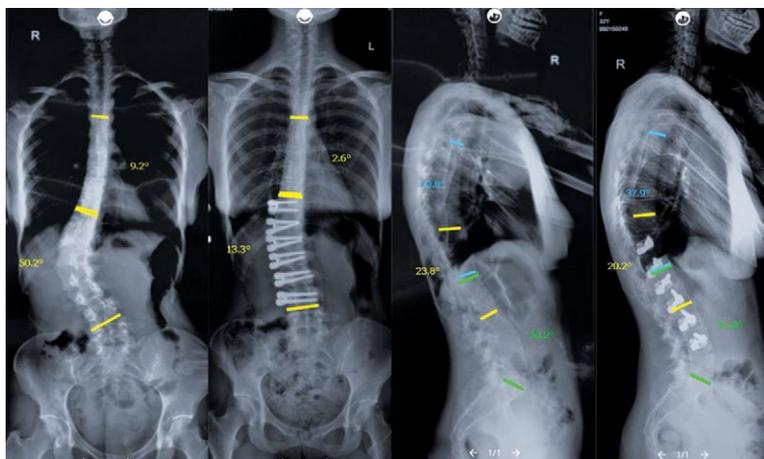


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки 32 лет до и через 2 года после операции дорсальной коррекции и фиксации Th11–L4. Потери коррекции нет. Признаков формирования костного блока нет

Fig. 2. X-rays of a 32-year-old patient before and 2 years after posterior correction and T11-L4 fixation. No loss of correction was observed. No signs of bone block formation were noted

В обе группы были включены только пациенты, перенесшие одномоментное хирургическое вмешательство по исправлению деформации без использования предоперационной гало-тракции. В обеих группах показанием к хирургическому лечению была деформация более 40°.

Оценка типа деформации осуществлялась в соответствии с классификацией Lenke. К типу Lenke 5 относятся деформации, при которых вершина основной дуги (структуральной) находится на уровне от Th12 до L4 позвонков, то есть Th12, L1,

L2, L3. Грудные и верхнегрудные дуги не являются структуральными. Это означает, что их величина меньше, чем первичная основная дуга, которые корригируются менее чем на 25° на рентгенограммах с боковым наклоном.

В зону фиксации включали концевые позвонки в соответствии с рентгенологическими данными. Нижнюю точку фиксации L3 выбирали, если диск L3–L4 был параллелен или «открыт» с вогнутой стороны; нейтрален; на рентгенограммах с наклоном в противоположную сторону; L3 центриро-

вался над крестцом. В остальных случаях наиболее дистальным фиксированным позвонком выбирали L4. В одном случае L2 был выбран как нижняя точка фиксации. Если два нижних позвонка были параллельны, то более каудальный выбирали в качестве наиболее дистального инструментированного позвонка.

Методы оценки

Предоперационные, послеоперационные и заключительные (на момент последнего осмотра) рентгенограммы позвоночника в положении стоя были проанализированы с помощью метода Кобба во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Для оценки гибкости позвоночника до операции использовали рентгенограммы с наклонами вправо и влево, тракционный тест (при помощи вытяжения позвоночника по оси с нагрузкой 40% от веса пациента, но не более 30 кг), величину поясничного лордоза и грудного кифоза до и после операции, деротацию позвоночника с помощью метода Nash–Мое [19].

В связи с отсутствием доступа к постуральным рентгенограммам на момент предоперационного обследования и операции у пациентов с ригидной металлоконструкцией от оценки сагиттальных параметров в группах пришлось отказаться. Рентгенологические параметры измеряли следующим образом: грудной кифоз T5–T12; грудно-поясничный переходный кифоз Th10–L2; поясничный лордоз L1–S1; фиксированный сегментарный угол (фронтальный угол Кобба между верхним фиксированным позвонком и нижним фиксированным позвонком); тест Риссера. Рентгенографическое измерение проводилось одним экспертом, который не зависел от хирургической бригады.

Оценивали кровопотерю, длительность пребывания в больнице, длительность приема наркотических анальгетиков в раннем послеоперационном периоде.

Функциональные результаты оценивали с использованием опросников Общества изуче-

ния сколиоза (Scoliosis Research Society) SRS-22. Потеря коррекции расценивалась как увеличение фиксированной дуги более 5° при всех методах фиксации.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью пакета SPSS Statistics. Данные по переменным представлены с помощью описательной статистики (среднее значение, стандартное отклонение) для оценки различий между группами на исходном уровне и в течение двух лет наблюдения. Для сравнения групп по качественной переменной (пол) использовался критерий χ^2 Пирсона.

Нормальность распределения количественных переменных проверялась при помощи одновыборочного критерия Колмогорова–Смирнова; по итогам проверки принималось решение об использовании параметрических либо непараметрических методов сравнения.

Распределение всех показателей было непараметрическим (кроме величины грудного кифоза Th5–Th12, количества фиксированных уровней и показателей опросника SRS-22, полученных в сроки 2 года с момента вмешательства). Различия между группами по всем соответствующим показателям анализировали с помощью теста Манна–Уитни. Данные с параметрическим распределением анализировали с помощью t-критерия Стьюдента. Сопоставимость распределения пациентов в группах по полу оценивали с помощью критерия χ^2 Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика пациентов первой и второй групп представлена в таблице 1.

Величина деформации основной дуги в поясничном или груднопоясничном отделе, грудная противодуга, сагиттальные параметры в группах были сопоставимы. Рентгенологические показатели представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика пациентов групп исследований

Показатель	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Возраст, лет	22,6±12,8	27,3±10,9	0,744
Тест Риссера, баллы	4,4±1,2	4,2±1,7	0,556
Период наблюдения, мес.	46,4±23,2 (от 24 до 84)	39,2±14,1 (от 24 до 42)	0,377

Таблица 2

Рентгенологические показатели в группах, град.

Срок наблюдения	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Угол Кобба во фронтальной плоскости (основная дуга), Ме (95% ДИ)			
До операции	65,5 (50,4; 79,5)	52,5 (43,2; 63,1)	0,259
После операции	24,0 (11,4; 37,2)	29,0 (17,5; 41,2)	0,039
Через 2 года с момента вмешательства	27,5 (22,4; 32,9)	24,5 (18,6; 32,8)	0,046
Угол переходного кифоза Th10–L2, Ме (95% ДИ)			
До операции	21,0 (15,3; 29,0)	19,5 (13,5; 24,2)	0,289
После операции	15,3 (13,8; 17,1)	18,5 (16,4; 21,1)	0,048
Через 2 года с момента вмешательства	13,2 (11,8; 15,1)	19,0 (18,6; 19,7)	0,032
Ротация апикального позвонка (по методу Nash–Мое), Ме (95% ДИ)			
До операции	1,62 (1,41; 1,89)	1,80 (1,52; 2,08)	0,369
После операции	0,15 (0,01; 0,63)	0,83 (0,51; 1,12)	0,013
Через 2 года с момента вмешательства	0,17 (0,01; 0,53)	0,81 (0,49; 1,19)	0,028
Поясничный лордоз, Ме (95% ДИ)			
До операции	42,5 (36,7; 50,1)	43,4 (31,8; 53,2)	0,548
После операции	43,5 (35,8; 55,9)	42,3 (34,10; 52,03)	0,396
Через 2 года с момента вмешательства	43,5 (32,4; 51,8)	44,3 (32,7; 55,3)	0,569
Величина грудного кифоза Th5–Th12, М±σ*			
До операции	19,0±5,8	21,2±7,0	0,249
После операции	17,4±8,3	20,2±4,6	0,070
Через 2 года с момента вмешательства	18,6±6,5	22,3±6,8	0,375

* Учитывая нормальность распределения данных, результаты представлены в формате М±σ, где М — среднее значение, σ — среднеквадратичное отклонение.

Среднее количество фиксированных уровней составило 6,4±1,0 в первой группе и 5,6±1,5 — во второй ($p = 0,047$). В обеих группах было фиксировано сопоставимое количество уровней, но в группе с вентральной коррекцией несколько меньше. В группе динамической коррекции фиксация оканчивалась на уровне L3 у 13 пациентов (40,7%) и на уровне L4 у 19 (59,3%) пациентов, в группе дорсальной коррекции фиксация оканчивалась на уровне L3 у 29 пациентов (53,7%) и при L4 у 25 пациентов (46,3%). Мобильность груднопоясничной/поясничной дуги была выше в группе с динамической коррекцией 28,2±9,1° по сравнению с ригидной фиксацией 36,0±7,2°.

Показатели грудного кифоза увеличились при отдаленном наблюдении в обеих группах, причем как сразу после операции, так и в отдаленном периоде (см. табл. 2).

Пациенты обеих групп не продемонстрировали значительной потери коррекции деформации в течение периода наблюдения.

Кровопотеря в первой группе составила (Ме и Q₁–Q₃ соответственно): 382 (249; 503) мл; во второй группе 156 (102,3; 204) мл ($p = 0,023$).

Пациенты второй группы проводили меньше времени в больнице после операции, также наблюдалось снижение срока потребления наркотических анальгетиков до 2 дней после вмешательства, что отражено в таблице 3.

Таких осложнений, как инфекционные, повреждения сосудов, ухудшение неврологического статуса в обеих группах не отмечалось. Из ранних осложнений у 5 пациентов первой группы выявлялось скопление гематомы послеоперационной раны, что требовало дополнительного лечения и удлинения сроков пребывания в стационаре. У трех пациентов с динамической коррекцией отмечался пневмоторакс — выполнялось дренирование плевральной полости по Бюлау. Таких осложнений, как разрыв корда при динамической коррекции, нестабильность винтов или переломы элементов ригидной металлоконструкции, также

не выявлено. Нейропатический болевой синдром в первой группе констатирован у двух человек, во второй — у четырех. Замечена корреляция с возрастом пациентов: нейропатия развивалась в более старшем возрасте. Данная проблема решалась с использованием габапентина в дозировке 300 мг 2 раза в день в течение 2–3 мес., после чего это состояние купировалось. В первой группе у 3 па-

циентов отмечался перелом стержней более чем через год после операции, что потребовало его замены, но на функциональный результат ревизионная хирургия значимо не повлияла.

Результаты анкетирования по опроснику SRS-22, полученные через 2 года после вмешательства, представлены в таблице 4.

Таблица 3

Сроки пребывания в стационаре и приема наркотических анальгетиков

Показатель	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Послеоперационный койко-день	8,2 (6,4; 10,3)	5,0 (4,1; 6,5)	0,017
Прием наркотических анальгетиков, дни	3,5 (2,1; 5,2)	2,5 (1,5; 3,7)	0,043

Таблица 4

Результаты анкетирования по опроснику SRS-22 в исследуемых группах

Показатель	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Функция	3,9±0,5	4,8±0,3	0,038
Болевой синдром	4,6±0,4	4,2±0,7	0,041
Психическая функция	4,0±0,7	4,4±0,4	0,049
Удовлетворенность результатом операции	3,8±0,5	4,3±0,8	0,021
Самооценка	4,3±0,5	4,6±0,4	0,034

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным литературы и нашему собственному опыту, по-прежнему недостаточно объективных доказательств преимуществ динамической коррекции при идиопатическом сколиозе по сравнению со стандартным спондилодезом [6, 20]. Остается дискуссионным вопрос показаний — какой тип деформации, его величина, мобильность основной дуги или возраст пациентов были бы наилучшими показаниями для динамического подхода, в частности в условиях завершеного роста [16, 21]. Кроме того, пациенты с завершенным ростом имеют, как правило, более ригидные деформации по сравнению с растущими, соответственно, модуляция роста невозможна. С другой стороны, при модуляции трудно предсказать реакцию растущего позвоночника на динамический имплантат, а при завершенном росте коррекция более предсказуема, так как хирург старается ее выполнить максимально, насколько это возможно.

Несмотря на то, что динамическая коррекция стала инновационной стратегией лечения сколиоза без формирования спондилодеза, как и когда использовать динамическую или ригидную фиксацию при завершенном росте тоже четко не определено [22].

Известно, что дорсальная ригидная коррекция обладает достаточной эффективностью, но сопровождается кровопотерей и не позволяет сохранить движения в оперированных сегментах, что негативно сказывается на функциональном состоянии позвоночника [23, 24]. При этом пик публикационной активности по проблеме дорсальной коррекции сколиоза методом только транспедикулярной фиксации приходится на 2010–2013 гг. В это же время отмечается рост публикаций по вентральной коррекции сколиоза также с использованием ригидных систем, а в дальнейшем интерес к переднему доступу при поясничном/груднопоясничном идиопатическом сколиозе среди спинальных хирургов значительно уменьшился. Это связано с доказанным отсутствием значимых различий между рентгенологическими и функциональными результатами между передним и задним доступом [3, 11, 12, 24].

В настоящий момент появляются работы, оценивающие результаты применения динамической коррекции сколиоза у взрослых, авторы которых предполагают, что рентгенологические результаты ASC (Anterior Scoliosis Correction — динамическая коррекция сколиоза взрослых) у пациентов

с законченным или почти законченным ростом лучше, чем при VBT (Vertebral Body Tethering — динамическая коррекция растущего позвоночника) из-за агрессивных хирургических приемов, используемых во время операции для достижения удовлетворительной коррекции [6]. В исследованиях проводится оценка нижней точки фиксации при вентральной коррекции сколиоза [25, 26], а о выборе верхней точки данных нет, впрочем как и для динамической фиксации.

Дорсальная транспедикулярная коррекция давала в нашем исследовании коррекцию, сходную с передней динамической, но требовала большего времени операции и сопровождалась значительно большей интраоперационной кровопотерей. Это обусловлено большей травматичностью операции и необходимостью выполнения заднего релиза, а иногда и задней остеотомии позвоночника типа Ponte, в то время как при динамической коррекции выполняли лишь нуклеотомию на вершине деформации. Средний угол основной дуги при ригидной фиксации составил $64,4^\circ$ и был скорригирован до $26,9^\circ$ при отдаленном наблюдении, а при динамической — с $52,4 \pm 9,6^\circ$ до $24,2 \pm 12,3^\circ$. При этом деформации в этой группе перед операцией были более мобильны примерно на 10%. Также отмечено определенное улучшение в отдаленном периоде по сравнению с послеоперационными данными, судя по всему, обусловленное сохраняющимся потенциалом роста у части пациентов второй группы. Однако необходимо отметить, что степень коррекции в обеих группах зависела от исходного угла деформации и мобильности позвоночника, при угле до $50\text{--}55^\circ$ степень коррекции при жесткой и динамичной коррекции идентична. При более тяжелых деформациях все зависит от мобильности позвоночника.

P.D. Trobisch и A. Baroncini в 2021 г. опубликовали данные пациентов, которым выполняли динамическую коррекцию на уровне груднопоясничного/поясничного отдела с удовлетворительным результатом, но частота разрывов была достаточно высокой. Это подтверждает гипотезу о том, что поясничная VBT действительно сопровождается более высокой частотой разрывов, чем грудная [27]. Возможно, это связано с использованием первого корда и агрессивными деротационными маневрами, а также большей подвижностью поясничного отдела по сравнению с грудным, что может влиять на прочностные характеристики конструкции, а также не принимается во внимание сила роста позвоночника. В нашей группе динамической коррекции ни в одном случае не выявлено разрыва корда, что часто встречается у растущих пациентов. Вероятно, это обусловлено рутинным

применением двойного корда, что обеспечивает большую прочность на растяжение и предотвращает износ материала. Однако биомеханических исследований оценки прочности одного и двух кордов на сегодняшний день нет. Недавнее биомеханическое исследование показало, что хирургические конструкции с одним или двумя кордами незначительно ограничивали глобальные и L1–L2 движения позвоночника при сгибании или разгибании ($<10\%$) левой или правой аксиальной ротации ($<14\%$) [18]. К тому же, межпозвоночные диски и фасеточные суставы не подвергаются дегенеративным изменениям в среднем через 29 мес. наблюдения при использовании динамической фиксации [28].

Поясничный лордоз был одним из оцениваемых параметров, который значительно изменился после операции в группе с ригидной фиксацией. Вентральная коррекция, по-видимому, оказывает определенный кифозогенный эффект, однако обеспечивает гармоничный сагиттальный профиль, и при этом сохранены мышцы спины и задние связки, что объясняет низкую частоту развития РJK (проксимального переходного кифоза) при данном методе [27, 29, 30]. Хотя насколько важны оценка, интерпретация и восстановление «идеальных» параметров глобального баланса именно при динамической коррекции, до конца не ясно, так как в отличие от ригидных систем динамический подход подразумевает сохранение определенной подвижности в зоне фиксации и амортизации, что, в свою очередь, должно снижать риск синдрома смежного уровня, усталостных переломов конструкции и других имплантат-зависимых осложнений, которые наблюдаются при ригидной фиксации в условиях грубого нарушения параметров баланса позвоночника. К тому же в настоящее время при применении задних транспедикулярных ригидных систем потеря коррекции, псевдоартроз и переломы конструкций в подростковом возрасте встречаются редко, но их риск увеличивается в более старшем возрасте [22, 31].

Согласно нашим данным, использование двойного корда в поясничном отделе позвоночника не оказывало кифозогенного эффекта на поясничный лордоз. Это подтверждает гипотезу о том, что поясничное VBT действительно сопровождается более высокой частотой разрывов, чем грудное [28, 32]. Но при этом динамическая компрессия обладает меньшим деротирующим эффектом по сравнению с ригидными системами согласно оценке ротации апикального позвонка по Nash и Мое (см. табл. 1). Улучшение показателей переходного кифоза Th10–L2 достигнуто в обеих группах.

В исследовании функциональных результатов коррекции сколиоза Lenke 5, выполненном Ф. Тао с соавторами, все домены SRS-22 были значительно выше в группе с ригидной вентральной коррекцией сколиоза по сравнению с дорсальной коррекцией [33]. Хотя есть данные, подтверждающие, что значимых различий между этими доступами нет [25, 34]. Тем не менее динамическая коррекция обеспечивает лучший функциональный результат согласно результатам анкетирования по опроснику SRS-22 у наших пациентов. Существенных различий между двумя группами в отношении восприятия пациентами функций, боли, самооценки, психических функций или удовлетворенности не отмечалось. Однако показатели функции, удовлетворенность операцией и психическое здоровье оказались выше в группе вентральной динамической коррекции, что указывает на то, что этот метод лечения соответствовал ожиданиям пациентов (см. табл. 3).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Переверзев В.С. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста.

Колесов С.В. — анализ данных, редактирование текста.

Казьмин А.И. — сбор и анализ данных.

Морозова Н.С. — статистический анализ, редактирование.

Швец В.В. — анализ литературы, анализ полученных данных, 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.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на участие и публикацию медицинских данных и изображений.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Lonner B.S., Ren Y., Bess S., Kelly M., Kim H.J., Yaszay B. et al. Surgery for the Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients After Skeletal Maturity: Early Versus Late Surgery. *Spine Deform.* 2019;7(1):84-92. doi: 10.1016/j.jspd.2018.05.012.

Ограничения исследования

Мощность выборки ограничена ретроспективным характером исследования. Инструмент оценки результатов не использовался последовательно, чтобы можно было проводить сравнения с четкими интервалами до и после операции, а рандомизация не применялась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как задняя ригидная, так и вентральная динамическая коррекция при идиопатическом сколиозе Lenke 5 могут обеспечить удовлетворительный рентгенологический результат при изначально схожей величине грудопоясничных деформаций у пациентов с заверренным или завершающимся ростом. Однако при динамическом подходе отмечаются более низкая кровопотеря, меньший срок пребывания в больнице, ниже длительность приема наркотических анальгетиков после операции, а также лучше качество жизни в отдаленном периоде.

DISCLAIMERS

Author contribution

Pereverzev V.S. — the conception and design of the study, the analysis and interpretation of data, the writing of the text.

Kolesov S.V. — the analysis and interpretation of data, the drafting of the text.

Kazmin A.I. — data collection and processing.

Morozova N.S. — the statistical analysis of results, the drafting of the article.

Shvec V.V. — the search and analysis of literature sources, the analysis and interpretation of data, the drafting of the article.

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

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

2. Bridwell K.H., Shufflebarger H.L., Lenke L.G., Lowe T.G., Betz R.R., Bassett G.S. Parents' and patients' preferences and concerns in idiopathic adolescent scoliosis: a cross-sectional preoperative analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(18):2392-2399. doi: 10.1097/00007632-200009150-00020.

3. Hirase T., Ling J.F., Haghshenas V., Thirumavalavan J., Dong D., Hanson D.S. et al. Anterior versus posterior spinal fusion for Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Spine Deform.* 2022;10(2):267-281. doi: 10.1007/s43390-021-00436-x.
4. Ogura Y., Okada E., Fujii T., Yagi M., Fujita N., Suzuki S. et al. Midterm surgical outcomes of a short fusion strategy for adolescent idiopathic scoliosis with Lenke 5C curve. *Spine J.* 2020;20(3):361-368. doi: 10.1016/j.spinee.2019.09.010.
5. Zhuang Q., Zhang J., Wang S., Yang Y., Lin G. How to select the lowest instrumented vertebra in Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis patients? *Spine J.* 2021;21(1):141-149. doi: 10.1016/j.spinee.2020.08.006.
6. Antonacci C., Antonacci M., Bassett W., Cuddihy L., Haas A., Cerrone J. et al. Treatment of Mature/ Maturing Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis (Sanders ≥ 5) Using a Unique Anterior Scoliosis Correction Technique. *Med Res Arch.* 2021;9(12). Available from: <https://doi.org/10.18103/mra.v9i12.2632>
7. Lenke L.G. Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *Instr Course Lect.* 2005;54:537-542.
8. Barr S.J., Schuette A.M., Emans J.B. Lumbar pedicle screws versus hooks. Results in double major curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(12):1369-1379. doi: 10.1097/00007632-199706150-00016.
9. Di Silvestre M., Bakaloudis G., Lolli F., Vommario F., Martikos K., Parisini P. Posterior fusion only for thoracic adolescent idiopathic scoliosis of more than 80 degrees: pedicle screws versus hybrid instrumentation. *Eur Spine J.* 2008;17(10):1336-1349. doi: 10.1007/s00586-008-0731-9.
10. Kim Y.J., Lenke L.G., Cho S.K., Bridwell K.H., Sides B., Blanke K. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(18):2040-2048. doi: 10.1097/01.brs.0000138268.12324.1a.
11. Hee H.T., Yu Z.R., Wong H.K. Comparison of segmental pedicle screw instrumentation versus anterior instrumentation in adolescent idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(14):1533-1542. doi: 10.1097/BRS.0b013e318067dc3d.
12. O'Donnell C., Michael N., Pan X., Emans J., Garg S., Erickson M. Anterior Spinal Fusion and Posterior Spinal Fusion Both Effectively Treat Lenke Type 5 Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Multicenter Study. *Spine Deform.* 2018;6(3):231-240. doi: 10.1016/j.jspd.2017.09.054.
13. Ergene G. Early-term postoperative thoracic outcomes of videothoracoscopic vertebral body tethering surgery. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2019;27(4):526-531. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2019.17889.
14. Samdani A.F., Ames R.J., Kimball J.S., Pahys J.M., Grewal H., Pelletier G.J. et al. Anterior vertebral body tethering for immature adolescent idiopathic scoliosis: one-year results on the first 32 patients. *Eur Spine J.* 2015;24(7):1533-1539. doi: 10.1007/s00586-014-3706-z.
15. Newton P.O., Kluck D.G., Saito W., Yaszay B., Bartley C.E., Bastrom T.P. Anterior Spinal Growth Tethering for Skeletally Immature Patients with Scoliosis: A Retrospective Look Two to Four Years Postoperatively. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(19):1691-1697. doi: 10.2106/JBJS.18.00287.
16. Колесов С.В., Переверзев В.С., Пантелеев А.А., Швец В.В., Горбатьюк Д.С. Первый опыт вентральной динамической коррекции сколиозов у подростков с законченным ростом и взрослых: хирургическая техника и ближайшие результаты. *Хирургия позвоночника.* 2021;18(3):19-29. doi: 10.14531/ss2021.3.19-29.
17. Kolesov S.V., Pereverzev V.S., Panteleyev A.A., Shvets V.V., Gorbatyuk D.S. The first experience of anterior dynamic correction of scoliosis in adolescents with complete growth and adults: surgical technique and immediate results. *Spine Surgery.* 2021;18(3):19-29. (In Russian). doi: 10.14531/ss2021.3.19-29.
18. Nicolini L.F., Kobbe P., Seggewiß J., Greven J., Ribeiro M., Beckmann A. et al. Motion preservation surgery for scoliosis with a vertebral body tethering system: a biomechanical study. *Eur Spine J.* 2022;31(4):1013-1021. doi: 10.1007/s00586-021-07035-4.
19. Baroncini A., Trobisch P.D., Berrer A., Kobbe P., Tingart M., Eschweiler J. et al. Return to sport and daily life activities after vertebral body tethering for AIS: analysis of the sport activity questionnaire. *Eur Spine J.* 2021;30(7):1998-2006. doi: 10.1007/s00586-021-06768-6.
20. Nash C.L. Jr., Moe J.H. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51(2):223-229.
21. Pehlivanoglu T., Oltulu I., Erdag Y., Akturk U.D., Korkmaz E., Yildirim E. et al. Comparison of clinical and functional outcomes of vertebral body tethering to posterior spinal fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life: preliminary results. *Spine Deform.* 2021;9(4):1175-1182. doi: 10.1007/s43390-021-00323-5.
22. Михайловский М.В., Васюра А.С., Новиков В.В., Сарнадский В.Н., Губина Е.В., Чернядьева М.А. Хирургическая коррекция идиопатического сколиоза у взрослых больных молодого и среднего возраста. *Хирургия позвоночника.* 2018;15(3):52-60. doi: 10.14531/ss2018.3.52-60.
23. Mikhaylovskiy M.V., Vasyura A.S., Novikov V.V., Sarnadsky V.N., Gubina E.V., Chernyadjeva M.A. Surgical correction of adult idiopathic scoliosis in patients of young and middle age. *Spine Surgery.* 2018;15(3):52-60. (In Russian). doi: 10.14531/ss2018.3.52-60.
24. Кокушин Д.Н., Хусаинов Н.О. Аспекты применения вентральной динамической коррекции при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2021;(12):51-55. doi: 10.17513/mjpf.13329.
25. Kokushin D.N., Khusainov N.O. Aspects of the use of ventral dynamic correction in the surgical treatment of patients with idiopathic scoliosis. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy.* 2021;(12):51-55. (In Russian). Available from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13329>. doi: 10.17513/mjpf.13329.
26. Колесов С.В., Кудряков С.А., Шавырин И.А. Хирургическая коррекция грудного сколиоза из вентрального и дорсального доступов. *Хирургия позвоночника.* 2013;(2):14-22.
27. Kolesov S.V., Kudryakov S.A., Shavyrin I.A. Surgical Correction of Thoracic Scoliosis through Anterior and Posterior Approaches. *Spine surgery.* 2013;(2):14-22. (In Russian).

24. Abel M.F., Singla A., Feger M.A., Sauer L.D., Novicoff W. Surgical treatment of Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis: Comparison of anterior vs posterior approach. *World J Orthop.* 2016;7(9):553-60. doi: 10.5312/wjo.v7.i9.553.
25. Satake K., Lenke L.G., Kim Y.J., Bridwell K.H., Blanke K.M., Sides B. et al. Analysis of the lowest instrumented vertebra following anterior spinal fusion of thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis: can we predict postoperative disc wedging? *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(4):418-26. doi: 10.1097/01.brs.0000153342.89478.d2.
26. Wang Y., Bünger C.E., Zhang Y., Wu C., Li H., Dahl B. et al. Lowest instrumented vertebra selection for Lenke 5C scoliosis: a minimum 2-year radiographical follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(14):E894-900. doi: 10.1097/BRS.0b013e31829537be.
27. Trobisch P.D., Baroncini A. Preliminary outcomes after vertebral body tethering (VBT) for lumbar curves and subanalysis of a 1- versus 2-tether construct. *Eur Spine J.* 2012;30(12):3570-3576. doi: 10.1007/s00586-021-07009-6.
28. Yucekul A., Akpunarli B., Durbas A., Zulemyan T., Havlucu I., Ergene G. et al. Does vertebral body tethering cause disc and facet joint degeneration? A preliminary MRI study with minimum two years follow-up. *Spine J.* 2021;21(11):1793-1801. doi: 10.1016/j.spinee.2021.05.020.
29. Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):609-618. doi: 10.1007/s00586-011-1928-x.
30. Tao F., Wang Z., Li M., Pan F., Shi Z., Zhang Y. et al. A comparison of anterior and posterior instrumentation for restoring and retaining sagittal balance in patients with idiopathic adolescent scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2012;25(6):303-308. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182204c3e.
31. Kelly D.M., McCarthy R.E., McCullough F.L., Kelly H.R. Long-term outcomes of anterior spinal fusion with instrumentation for thoracolumbar and lumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(2):194-198. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bc948e.
32. Otani K., Saito M., Sibasaki K. Anterior instrumentation in idiopathic scoliosis: a minimum follow-up of 10 years. *Int Orthop.* 1997;21(1):4-8. doi: 10.1007/s002640050108.
33. Tao F., Wang Z., Li M., Pan F., Shi Z., Zhang Y. et al. A comparison of anterior and posterior instrumentation for restoring and retaining sagittal balance in patients with idiopathic adolescent scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2012;25(6):303-308. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182204c3e.
34. Dong Y., Weng X., Zhao H., Zhang J., Shen J., Qiu G. Lenke 5C Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Anterior vs Posterior Selective Fusion. *Neurosurgery.* 2016;78(5):324-331. doi: 10.1227/NEU.0000000000001055.

Сведения об авторах

✉ Переверзев Владимир Сергеевич — канд. мед. наук

Адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10

<https://orcid.org/0000-0002-6895-8288>

e-mail: vcpereverz@gmail.com

Колесов Сергей Васильевич — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-4252-1854>

e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Казьмин Аркадий Иванович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>

e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Морозова Наталия Сергеевна — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-4504-6902>

e-mail: morozcito@gmail.com

Швец Владимир Викторович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>

e-mail: vshvetcv@yandex.ru

Authors' information

✉ Vladimir S. Pereverzev — Cand. Sci. (Med.)

Address: 10, Priorova st., Moscow, 127299, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6895-8288>

e-mail: vcpereverz@gmail.com

Sergey V. Kolesov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-4252-1854>

e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Arkady I. Kazmin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>

e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Nataliya S. Morozova — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-4504-6902>

e-mail: morozcito@gmail.com

Vladimir V. Shvets — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>

e-mail: vshvetcv@yandex.ru



Prevalence of Osteoporosis and Its Correlation With Common Secondary Risk Factors in Population from Rural Areas of South India

Pothuri Rishi Ram, Praveen Narayan, Pavith Janardhan, Surya Sri Karun Chintapalli

Sanjay Gandhi Institute of Trauma and Orthopaedics, Bangalore, India

Abstract

Background. Osteoporosis is a common metabolic disorder characterised by decreased bone mass and weakened micro-architecture of bone tissue. After 50 years of age, one in three women and one in five men experience osteoporotic fractures. This is projected to cause a yearly loss of 5.8 million healthy life years to disability. The number of patients who attend the outpatient clinic and emergency department of Sanjay Gandhi Institute of Trauma and Orthopaedics with fragility fractures has been increasing, hence to know the prevalence of osteoporosis in the general population who were asymptomatic, we decided to conduct a study in the rural areas of south India.

Aims: 1) to estimate the prevalence of osteoporosis among the population above 50 years in rural areas of south India; 2) to determine the correlation between common secondary risk factors for osteoporosis like tobacco consumption, alcohol, diabetes, and hypertension.

Results. The prevalence of osteoporosis in the rural population was more in females at 42.2%, whereas the males had a prevalence of 32.5%. Among the population with habits of tobacco consumption and alcohol consumption, the prevalence was 78% and 30.6% respectively. 20.2% of non-smokers and 39.7% of non-alcoholics were osteoporotic. Among the population with comorbidities, 53.6% of diabetes and 55.4% of hypertensives were osteoporotic. 33.7% of non-diabetics were osteoporotic, and 29.5% of hypertensives were osteoporotic. The correlation between osteoporosis and the individual risk factors ranged between weak negative to moderately positive ($r = -0.2$ to 0.5). The correlation between the combination of all the four risk factors and osteoporosis is weakly positive ($r = 0.339$), which is highly significant ($p < 0.001$).

Conclusion. Overall, the findings of this study suggest that addictive habits such as tobacco and alcohol consumption may have a significant impact on bone health, with a higher prevalence of osteopenia and osteoporosis observed in individuals with these habits. Comorbidities such as diabetes and hypertension were also found to be associated with a higher prevalence of osteoporosis. These findings emphasize the importance of early detection and prevention of addictive habits and comorbidities to reduce the risk of osteopenia and osteoporosis. Furthermore, the study highlights the need for further research to fully understand the complex relationships between sociodemographic factors, addictive habits, comorbidities, and bone health.

Keywords: osteoporosis, alcohol, tobacco consumption, diabetes, hypertension.

Cite as: Pothuri Rishi Ram, Praveen Narayan, Pavith Janardhan, Surya Sri Karun Chintapalli. Prevalence of Osteoporosis and Its Correlation With Common Secondary Risk Factors in Population from Rural Areas of South India. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):29-37. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2013>.

✉ Pothuri Rishi Ram; e-mail: rishiram.p@gmail.com

Submitted: 25.10.2022. Accepted: 19.04.2023. Published Online: 26.05.2023.

© Pothuri Rishi Ram, Praveen Narayan, Pavith Janardhan, Surya Sri Karun Chintapalli, 2023



Распространенность остеопороза в сельских районах Южной Индии и его связь с общими вторичными факторами риска

Потури Риши Рам, Правин Нараян, Павит Джанардан, Сурья Шри Карун Чинтапалли

Институт травматологии и ортопедии им. Санджая Ганди, Бангалор, Индия

Реферат

Актуальность. Остеопороз — распространенное метаболическое расстройство, характеризующееся уменьшением массы костной ткани и ослаблением микроархитектуры костей. После 50 лет каждая третья женщина и каждый пятый мужчина сталкиваются с остеопоротическими переломами. Это приводит к ежегодной потере 5,8 млн лет здоровой жизни (HLY) из-за инвалидности. Количество пациентов, обращающихся в поликлинику и отделение неотложной помощи Института травматологии и ортопедии им. Санджая Ганди с патологическими переломами, из года в год увеличивается. Чтобы определить распространенность остеопороза среди населения, не имеющего симптомов данного заболевания, мы решили провести исследование в сельских районах Южной Индии.

Цели исследования: 1) оценить распространенность остеопороза среди населения старше 50 лет в сельских районах Южной Индии; 2) определить связь между общими вторичными факторами риска остеопороза, такими как употребление табака и алкоголя, диабет, гипертония.

Результаты. Распространенность остеопороза в сельских районах была выше у женщин и составила 42,2%, в то время как у мужчин распространенность составила 32,5%. Среди лиц, употребляющих табак и алкоголь, распространенность составила 78,0% и 30,6% соответственно. Остеопороз был выявлен у 20,2% некурящих и у 39,7% не употребляющих алкоголь. Среди лиц с сопутствующими заболеваниями остеопороз выявлен у 53,6% диабетиков и 55,4% гипертоников. Связь между остеопорозом и отдельными факторами риска колебалась от слабо отрицательной до умеренно положительной ($r = -0,2$ до $0,5$). Связь между комбинацией всех четырех факторов риска и остеопорозом была слабо положительной ($r = 0,339$) и имела высокую значимость ($p < 0,001$).

Заключение. Результаты данного исследования свидетельствуют о значительном влиянии вредных привычек, таких как употребление табака и алкоголя, на здоровье костей, с более высокой распространенностью остеопении и остеопороза у лиц с этими привычками. Сопутствующие заболевания, такие как диабет и гипертония, также связаны с более высокой распространенностью остеопороза. Эти результаты свидетельствуют о важности раннего выявления сопутствующих заболеваний и отказа от вредных привычек для снижения риска развития остеопении и остеопороза. Необходимы дальнейшие исследования для полного понимания сложных взаимосвязей между социодемографическими факторами, привычками, сопутствующими заболеваниями и здоровьем костей.

Ключевые слова: остеопороз, остеопения, алкоголь, табакокурение, диабет, гипертония.

 **Для цитирования:** Потури Риши Рам, Правин Нараян, Павит Джанардан, Сурья Шри Карун Чинтапалли. Распространенность остеопороза в сельских районах Южной Индии и его связь с общими вторичными факторами риска. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):29-37. (Англ.). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2013>.

 Потури Риши Рам; e-mail: rishiram.p@gmail.com

Рукопись получена: 25.10.2022. Рукопись одобрена: 19.04.2023. Статья опубликована онлайн: 26.05.2023.

© Потури Риши Рам, Правин Нараян, Павит Джанардан, Сурья Шри Карун Чинтапалли, 2023

INTRODUCTION

Osteoporosis is a common metabolic disorder characterised by decreased bone mass and weakened micro-architecture of bone tissue. This makes the bone highly prone to pathological fractures [1, 2]. It is only after the fracture that the condition is diagnosed more often, and measurement of Bone Mineral Density (BMD) can diagnose “osteoporosis” and identify the population at risk for fractures [1, 3].

The global burden of osteoporosis is enormous. It has been recognised as a worldwide epidemic. In 2014 journal “Osteoporosis International” estimated osteoporosis to be one of the leading causes of disability, depression, and early mortality in the elderly. After age 50, one in three women and one in five men experience osteoporotic fractures. This is projected to cause a yearly loss of 5.8 million healthy life years to disability. There is about a 30 % rise in mortality in the first year after fracture, which remains high for up to 5 years.

The economic burden has been 37 billion EUR in the EU and 19 billion USD in the USA [4]. In 2014, it was reported in Europe that socioeconomic status and poverty have a bearing on the prevalence of Osteoporosis [5].

Having a different landscape, India has a different socio-economy and lifestyle. Even within the country, there is much diversity between urban and rural life. In 2012 C. Rex estimated that osteoporosis would affect half of the Indian population by 2022 [6].

The USA and Europe have been significant contributors to research in osteoporosis, with 27,0% and 8.2% of global publications, respectively. India could merely contribute 2% of the world’s research on osteoporosis [7]. An article in 2015 reviewed a few sporadic studies on Osteoporosis in Indian women and noted a high prevalence of the disease in postmenopausal women.⁸

Sanjay Gandhi Institute of Trauma and Orthopaedics is a tertiary care hospital. The number of patients who attend the outpatient clinic and emergency department of Sanjay Gandhi Institute of Trauma and Orthopaedics with fragility fractures has been increasing, hence to know the prevalence of osteoporosis in the general population who were asymptomatic, we decided to conduct a study in the rural areas of south India.

Aims: 1) to estimate the prevalence of osteoporosis among the population above 50 years in rural areas of south India; 2) to determine the correlation between common secondary risk factors for osteoporosis like tobacco consumption, alcohol, diabetes, and hypertension.

METHODS

Design

A cross-sectional study on the prevalence of osteoporosis was planned over one year (i.e., September 2021 to august 2022) as there was an increased incidence of fragility fractures in the population attending the outpatient clinic and emergency department. Ten random villages were selected by cluster sampling in villages from Karnataka, Andhra Pradesh, and Tamilnadu. In each village, 100 people aged 50 years to 100 years were enrolled on the study.

Inclusion criteria: men and women aged 50 and above.

Exclusion criteria: patients having other causes affecting bone strength like malignancy; Paget’s disease; congenital disorders; osteomyelitis etc.

Consenting participants were interviewed and examined. The tools used in this study were a two-part proforma and BMD measuring portable SONOST 3000 Ultrasound machine.

The Sonost 3000 bone densitometer uses ultrasound technology to measure bone density, transmitting high-frequency sound waves through the bone and measuring how much of the wave is absorbed; it is a portable and lightweight machine, weighing only about 4 pounds, and can be operated with a rechargeable battery, making it convenient for use in remote or mobile settings. A quality assurance test for the device was performed on each screening day. The measurements were carried out in a room by a single technician to complete the entire test on all the subjects.

Those subjects with low BMD were classified accordingly as Osteopenia (BMD -1 to -2.5) or Osteoporosis (BMD -2.5 or less).

Statistical analysis

The data was analysed using SPSS 28 software. Pearson correlation coefficient test examined the correlation between variables. $P < 0.05$ was used as the threshold to determine statistical significance, meaning that results with a p-value less than 0.05 were considered statistically significant. This methodology allows for identifying relationships and trends within the data and determining the statistical significance of these relationships.

RESULTS

Socio-demographic factors

The total number of subjects considered in the study was 1000: 536 males (53.6%) and 464 females (46.4%). Most of the people who participated in the study were 50-60 years old, accounting for 52.9%, followed by 60-69 years (22.6%), 70-79 years (19.7%), 80-89 years (3.7%), and 90-99 years (1.1%).

Addictive habits and comorbidities

Habits that were considered in the study: tobacco consumption (smoking/smokeless), alcohol.

Comorbidities considered in the study: diabetes, hypertension.

In this study 29.1% (n = 291) of the population consumes tobacco, of which 82% are males and 18% are females; 29.7% (n = 297) of the population drinks alcohol: 91.95% of males and 8.05% of females. In the study population, 16.8% of people had diabetes: 9.2% of men and 7.6% of women; 28.9% people suffered from hypertension: 16.2% of men and 12.7% of women.

Osteopenia

Out of the total population considered for this study, 512 were osteopenic: 45.5% of males and 57.8% of females. Among the people suffering from osteopenia, 65.7% were between 51-60 years. Among the population with addictive habits, 2.7% of tobacco consumers and 69.4% of alcoholics were osteopenic. This suggests that there may be a stronger association between alcohol consumption and osteopenia than tobacco consumption and osteopenia, despite the fact that a higher percentage of the overall population consumes tobacco.

One possible explanation for this discrepancy is that alcohol consumption may have a greater impact on bone health than tobacco consumption. Studies have shown that excessive alcohol consumption can interfere with the body's ability to absorb calcium and can also reduce bone density, which can lead to osteopenia and osteoporosis. On the other hand, while tobacco use is a well-known risk factor for several health problems, including lung cancer and cardiovascular disease, its impact on bone health is less clear. Another possibility is that there may be other factors at play that are affecting the relationship between addictive habits and osteopenia. For example, people who consume more alcohol may also be more likely to have poor diets or engage in other behaviours that increase their risk

of osteopenia. Additionally, there may be differences in the demographics of the tobacco-consuming and alcohol-consuming populations that could be influencing the results. Overall, it's important to remember that studies like these can only show associations between variables and cannot prove causation. More research would be needed to fully understand the relationship between addictive habits and osteopenia and determine the best prevention and treatment strategies.

Among the population with comorbidities, 13.1% of people with diabetes and 44.6% with hypertension were osteopenic.

The correlations between gender and tobacco consumption, gender and alcohol consumption, and alcohol consumption and hypertension are all statistically significant at the 0.01 level (two-tailed), with correlation coefficients of 0.362, 0.241, and 0.339, respectively. These coefficients indicate a weak to a moderate positive correlation between these variables.

The correlations between tobacco consumption and diabetes, tobacco consumption and hypertension, and osteopenia and tobacco consumption are also statistically significant at the 0.01 level (two-tailed), with correlation coefficients of 0.566, 0.378, and -0.621, respectively. These coefficients indicate a moderate to a strong positive correlation between these variables.

The correlations between diabetes and alcohol consumption and hypertension and osteopenia are statistically significant at the 0.01 level (two-tailed), with correlation coefficients of -0.105 and -0.084, respectively. These coefficients indicate a weak negative correlation between these variables.

Finally, the correlation between gender and diabetes, gender and hypertension, and diabetes and osteopenia are not statistically significant at the 0.01 level (two-tailed), with correlation coefficients of 0.010, 0.031, and -0.343, respectively. These coefficients indicate a very weak to weak positive or negative correlation between these variables (Table 1).

Table 1

Correlation between secondary risk factors and osteopenia

Parameters		Gender	Tobacco consumption	Alcohol consumption	Diabetes	Hypertension	Osteopenia
Gender	pearson correlation	1					
	p						
	n	1000					
Tobacco consumption	pearson correlation	0.362	1				
	p	0.000					
	n	1000	1000				
Alcohol consumption	pearson correlation	0.241	0.056	1			
	p	0.000	0.078				
	n	1000	1000	1000			
Diabetes	pearson correlation	0.010	0.566	-0.105	1		
	p	0.741	0.000	0.001			
	n	1000	1000	1000	1000		
Hypertension	pearson correlation	0.031	0.378	0.339	-0.027	1	
	p	0.321	0.000	0.000	0.396		
	n	1000	1000	1000	1000	1000	
Osteopenia	pearson correlation	-0.122	-0.621	0.236	-0.343	-0.084	1
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	
	n	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Osteoporosis

In this study, out of the total study population, 370 people were osteoporotic. In this population, 53.0% who were osteoporotic were between 50-60 years. The prevalence of osteoporosis in the rural population was more in females at 42.2%, whereas the males had a prevalence of 32.5%.

Among the population with the habit of tobacco consumption, 78% were osteoporotic, and in those with the habit of consuming alcohol, 30.6% were osteoporotic, while 20.2% of non-smokers and 39.7% of non-alcoholics were osteoporotic.

Among the population with comorbidities, 53.6% of people with diabetes and 55.4% of hypertensives were osteoporotic, while 33.7% of non-diabetics were osteoporotic, and 29.5% of hypertensives were osteoporotic.

Statistical analysis of the data shows Pearson correlation between osteoporosis and tobacco usage shows a moderately positive correlation ($r = 0.544$), which is highly significant ($p < 0.001$). Correlation between osteoporosis and alcohol consumption is weakly negative ($r = -0.086$), which is highly significant ($p = 0.007$). It is important to note that correlation does not imply causation. Therefore, while there may be a

negative correlation between alcohol consumption and osteoporosis, it does not necessarily mean that drinking alcohol prevents osteoporosis. Other factors may be at play that influence both alcohol consumption and the risk of developing osteoporosis, such as diet, exercise, smoking, or genetics. Furthermore, the significance of the correlation ($p = 0.007$) indicates that the observed relationship between alcohol consumption and osteoporosis is unlikely to be due to chance. However, statistical significance does not necessarily mean practical significance or clinical relevance. In other words, a significant correlation may not necessarily have a large enough effect size to be of practical importance.

Correlation between osteoporosis and diabetes is weakly positive ($r = 0.154$), which is highly significant ($p < 0.001$). Correlation between osteoporosis and hypertension is weakly positive ($r = 0.242$), which is highly significant ($p < 0.001$) (Table 2).

The correlation between osteoporosis and the individual risk factors ranged between weak negative to moderately positive. The correlation between the combination of all the four risk factors and osteoporosis is weakly positive ($r = 0.339$), which is highly significant ($p < 0.001$).

Table 2

Correlation between secondary risk factors and osteoporosis

Parameters		Tobacco	Alcohol	Diabetes	Hypertension	Osteoporosis
Tobacco	pearson correlation	1				
	p					
	n	1000				
Alcohol	pearson correlation	0.056	1			
	p	0.078				
	n	1000	1000			
Diabetes	pearson correlation	0.566	-0.105	1		
	p	0.000	0.001			
	n	1000	1000	1000		
Hypertension	pearson correlation	0.378	0.339	-0.027	1	
	p	0.000	0.000	0.396		
	n	1000	1000	1000	1000	
Osteoporosis	pearson correlation	0.544	-0.086	0.154	0.242	1
	p	0.000	0.007	0.000	0.000	
	n	1000	1000	1000	1000	1000

DISCUSSION

Osteoporosis is a skeletal disease characterised by decreased bone mass per volume associated with microarchitectural deterioration of the bone tissue resulting in bone fragility and increased risk of fracture [1]. Another variant of low bone mass density is osteopenia, which is defined as a condition with low BMD but of less severity when compared to that of osteoporosis. Osteoporosis is most commonly seen in the elderly, with females being most commonly affected compared to males [2]. Whereas osteopenia is seen in younger age groups with no gender inequality [3].

The burden of osteoporosis in the India population is around 40% as the population living in India is mainly from a rural background and has low BMD compared to the western population of the same age and gender. The maximum loss of bone density is observed in the fourth decade of life and early postmenopausal years [4].

Chronic bone pain, disability, and peritrochanteric and vertebral fractures are common among the osteoporotic elderly population, leading to severe functional limitations and decreasing the quality of life [5]. Pneumonia, urinary tract infections, pressure sores (mainly nonhealing ulcers), and deep vein thrombosis contribute to worsening the prognosis among the osteoporotic elderly population. The common sites of osteoporotic fractures following

minimal trauma are vertebra, distal radius, and peritrochanteric fractures due to lack of osteoid in sufficient quantity that leads to rapid bone loss [6]. Osteoporosis is mostly asymptomatic; on the other hand, in symptomatic patients, vague, diffuse low backache is the most common symptom [7].

Recent studies have indicated that even low-level exposure to cadmium could increase the risk of osteoporosis and fractures [8]. Women are four times more prone to osteoporosis and two times more prone to osteopenia [9]. Diabetes mellitus increases osteoclast function but decreases osteoblast function, leading to accelerated bone loss, osteopenia and osteoporosis [10]. In hypertension patients, excess urinary calcium secretion induces secondary parathyroidism to increase the serum calcium level by calcium release from bone, which may accelerate osteoporosis [11]. Alcohol use decreases bone density and weakens bones mechanical properties [12].

Diagnosing osteoporosis is a significant step in its management. Diagnosing osteoporosis at the gross root level is far better to avoid the consequences like fractures and deterioration of life quality among the rural population [13]. Despite being the most common problem among the rural and urban population in India, there is no Cohesive National Policy on screening and prevention policy and programs.

Various tools are available nowadays for diagnosing osteoporosis, like DEXA scan, India-specific FRAX tool, etc. [1, 3, 4, 14]. Among all India-specific FRAX tool is gaining popularity in risk prediction of 10-year probability of osteoporotic fracture. Due to a lack of awareness on health education, lack of internet facilities, etc., it is still of limited use.

Age. Our study found that the prevalence of osteoporosis and osteopenia increases with age, consistent with other studies. A study by N.S. Kadam et al. reported a similar finding, where the prevalence of osteoporosis is more prevalent in 50-60 years age group [15].

Gender. Our study found that females had a higher prevalence of osteoporosis and osteopenia compared to males, consistent with other studies. A study by N.S. Kadam et al. reported that females had a higher prevalence of osteoporosis than males [15].

Tobacco and alcohol consumption. Our study found that tobacco and alcohol consumption were associated with an increased risk of osteoporosis and osteopenia, consistent with other studies. A study by A.M. Al-Bashaireh et al. showed that smoking tobacco has been associated with reduced bone mass and increased risk of fracture through its direct or indirect effects on osteoblast and osteoclast activities. The RANKL-RANK-OPG pathway plays a vital role in the mechanisms by which smoking may result in poor bone health [16].

Chronic excessive alcohol consumption has deleterious effects on bone and results in low bone mass which may predispose to fragility fractures leading to increased morbidity [17].

Comorbidities. Our study found that comorbidities such as diabetes and hypertension were associated with an increased risk of osteoporosis and osteopenia, consistent with other studies. Similarly a study by A.G. Asokan et al. found that prevalence of osteoporosis was higher among diabetics [18]. Another study by R. Khinda et al. showed that hypertension causes severe loss of bone minerals including calcium and its metabolism, resulting in accelerated bone resorption [19].

DISCLAIMERS

Author contribution

Pothuri Rishi Ram — the design of the study, data collection and analysis, writing the first draft of the manuscript.

Praveen Narayan — the statistical analysis and the interpretation of the results, critical feedback on the manuscript.

Pavith Janardhan — data collection and management, the literature review and discussion, revising the manuscript for submission.

Overall, these findings highlight the importance of managing these risk factors to prevent the development of osteoporosis and osteopenia.

Limitations

In this study, we have used only one tool for assessing the bone mass density for grading the patient depending on feasibility.

The study did not consider different types of alcohol, such as toddy, wine, and beer, which may have different effects on bone health. For example, some studies suggest that moderate consumption of red wine may have a beneficial effect on bone density due to its high levels of polyphenols, while heavy alcohol consumption has been linked to decreased bone density.

The study did not consider different methods of tobacco use, which may have different effects on bone health. For example, smoking has been linked to decreased bone density due to its negative impact on calcium absorption, while smokeless tobacco has been linked to increased bone density due to its high nicotine levels.

It is important to acknowledge these limitations when interpreting the study's findings and to consider the potential impact of these factors on bone health. Future studies may benefit from considering the effects of different types of alcohol and tobacco use on bone health in more detail.

CONCLUSION

Overall, the findings of this study suggest that addictive habits such as tobacco and alcohol consumption may have a significant impact on bone health, with a higher prevalence of osteopenia and osteoporosis observed in individuals with these habits. Comorbidities such as diabetes and hypertension were also found to be associated with a higher prevalence of osteoporosis. These findings emphasize the importance of early detection and prevention of addictive habits and comorbidities to reduce the risk of osteopenia and osteoporosis. Furthermore, the study highlights the need for further research to fully understand the complex relationships between sociodemographic factors, addictive habits, comorbidities, and bone health.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Потури Риши Рам — разработка проекта исследования, сбор и анализ данных, написание статьи.

Правин Нараян — статистический анализ и интерпретация результатов, редактирование статьи.

Павит Джанардан — обзор литературы и обсуждение, редактирование статьи.

Surya Sri Karun Ch. — the study design, expertise on methodological approach, revising the manuscript for submission.

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

Сурья Шри Карун Чинтапалли — сбор данных, обзор литературы, дизайн исследования, экспертиза методологического подхода, 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.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

REFERENCES

- Ralston S.H. Genetic determinants of osteoporosis. *Curr Opin Rheumatol.* 2005;17(4):475-479. doi: 10.1097/01.bor.0000166385.62851.92.
- Srivastava M., Deal C. Osteoporosis in elderly: prevention and treatment. *Clin Geriatr Med.* 2002;18(3):529-555. doi: 10.1016/s0749-0690(02)00022-8.
- Ross P.D. Osteoporosis frequency, consequences, and risk factors. *Arch Internal Med.* 1996;156(13):1399-1411.
- Rashki Kemmak A., Rezapour A., Jahangiri R., Nikjoo S., Farabi H., Soleimanpour S. Economic burden of osteoporosis in the world: A systematic review. *Med J Islam Repub Iran.* 2020;34:154. doi: 10.34171/mjiri.34.154.
- Gómez-de-Tejada Romero M.J., Navarro Rodríguez M.D., Saavedra Santana P., Quesada Gómez J.M., Jódar Gimeno E., Sosa Henríquez M. Prevalence of osteoporosis, vertebral fractures and hypovitaminosis D in postmenopausal women living in a rural environment. *Maturitas.* 2014;77(3):282-286. doi: 10.1016/j.maturitas.2013.12.011.
- Rex C. 50% of India to suffer from Osteoporosis: Study. *Indian Express.* 2012. Available from: <https://indianexpress.com/article/news-archive/print/50-of-indians-to-suffer-from-osteoporosis-study/>.
- Bhardwaj R.K., Ram Sh. Mapping of Indian research on Osteoporosis. *ALIS.* 2013;60(4):276-283. doi: 10.56042/alis.v60i4.2357.
- Åkesson A., Barregard L., Bergdahl I.A., Nordberg G.F., Nordberg M., Skerfving S. Non-renal effects and the risk assessment of environmental cadmium exposure. *Environ Health Perspect.* 2014;122(5):431-438. doi: 10.1289/ehp.1307110.
- Alswat K.A. Gender Disparities in Osteoporosis. *J Clin Med Res.* 2017;9(5):382-387. doi: 10.14740/jocmr2970w.
- Wongdee K., Charoenphandhu N. Osteoporosis in diabetes mellitus: Possible cellular and molecular mechanisms. *World J Diabetes.* 2011;2(3):41-48. doi: 10.4239/wjd.v2.i3.41.
- Nakagami H., Morishita R. Hypertension and osteoporosis. *Clin Calcium.* 2013;23(4):497-503. (In Japanese).
- Sampson H.W. Alcohol and other factors affecting osteoporosis risk in women. *Alcohol Res Health.* 2002;26(4):292-298.
- Khadilkar A.V., Mandlik R.M. Epidemiology and treatment of osteoporosis in women: an Indian perspective. *Int J Womens Health.* 2015;7:841-850. doi: 10.2147/IJWH.S54623.
- Cherian K.E., Kapoor N., Meeta M., Paul T.V. Screening Tools for Osteoporosis in India: Where Do We Place Them in Current Clinical Care? *J Midlife Health.* 2021;12(4):257-262. doi: 10.4103/jmh.jmh_216_21.
- Kadam N.S., Chiplonkar S.A., Khadilkar A.V., Khadilkar V.V. Prevalence of Osteoporosis in Apparently Healthy Adults above 40 Years of Age in Pune City, India. *Indian J Endocrinol Metab.* 2018;22(1):67-73. doi: 10.4103/ijem.IJEM_438_17.
- Al-Bashaireh A.M., Haddad L.G., Weaver M., Chengguo X., Kelly D.L., Yoon S. The Effect of Tobacco Smoking on Bone Mass: An Overview of Pathophysiologic Mechanisms. *J Osteoporos.* 2018;2018:1206235. doi: 10.1155/2018/1206235.
- Johnson J.T., Hussain M.A., Cherian K.E., Kapoor N., Paul T.V. Chronic Alcohol Consumption and its Impact on Bone and Metabolic Health - A Narrative Review. *Indian J Endocrinol Metab.* 2022;26(3):206-212. doi: 10.4103/ijem.ijem_26_22.
- Asokan A.G., Jaganathan J., Philip R., Soman R.R., Sebastian S.T., Pullishery F. Evaluation of bone mineral density among type 2 diabetes mellitus patients in South Karnataka. *J Nat Sci Biol Med.* 2017;8(1):94-98. doi: 10.4103/0976-9668.198363.
- Khinda R., Valecha S., Kumar N., Walia J.P.S., Singh K., Sethi S. et al. Prevalence and Predictors of Osteoporosis and Osteopenia in Postmenopausal Women of Punjab, India. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(5):2999. doi: 10.3390/ijerph19052999.

Authors' information

✉ *Pothuri Rishi Ram*

Address: 1st Block, Byrasandra, Jayanagar East,
Bangalore 560 011, India

<https://orcid.org/000-0003-0190-1612>

e-mail: rishiram.p@gmail.com

Praveen Narayan

<https://orcid.org/0000-0002-9973-3460>

e-mail: dr.praveennarayan@gmail.com

Pavith Janardhan

<https://orcid.org/0000-0002-0591-9994>

e-mail: pavithjanardhan2301@gmail.com

Surya Sri Karun Chintapalli

<https://orcid.org/0000-0002-8062-4758>

e-mail: srikarun.karun@gmail.com

Сведения об авторах

✉ *Потури Риши Рам*

Адрес: Бангалор, Индия, Бирасандра,
Восточный Джаянагар, 560 011

<https://orcid.org/000-0003-0190-1612>

e-mail: rishiram.p@gmail.com

Правин Нараян

<https://orcid.org/0000-0002-9973-3460>

e-mail: dr.praveennarayan@gmail.com

Павит Джанардан

<https://orcid.org/0000-0002-0591-9994>

e-mail: pavithjanardhan2301@gmail.com

Сурья Шри Карун Чинтапалли

<https://orcid.org/0000-0002-8062-4758>

e-mail: srikarun.karun@gmail.com



Выбор метода остеосинтеза при внутрисуставных переломах проксимального эпифиза плечевой кости

Ю.А. Афанасьев

ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 1», г. Новосибирск, Россия

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Новосибирск, Россия

Реферат

Актуальность. Наиболее тяжелой категорией переломов проксимального эпифиза плечевой кости являются внутрисуставные повреждения. Одним из основных осложнений является формирование аваскулярного некроза, причиной которого служат особенности кровоснабжения головки плечевой кости и нарушение ее васкуляризации вследствие травмы. Существующие в настоящее время способы остеосинтеза внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости (ПОПК) не снижают риска развития асептического некроза головки плечевой кости (АНГПК) и не уменьшают риск несращений. Для профилактики ишемических изменений головки плечевой кости рекомендуется использовать метод остеосинтеза с элементом стимуляции репаративного остеогенеза.

Цель исследования — уточнение показаний к применению различных методов хирургического лечения внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости.

Материал и методы. В исследование включено 48 наблюдений пациентов с внутрисуставными переломами ПОПК типов 11-C1 и 11-C2 по классификации АО/ASIF, нуждающихся в оперативном лечении. Из общего количества пациентов были сформированы две группы. В ретроспективную (контрольную) группу вошли 25 пациентов, которых лечили с использованием наkostного остеосинтеза пластиной с угловой стабильностью или интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза проксимальными плечевыми штифтами. В проспективную (основную) группу вошли 23 пациента, при лечении которых дополнительно выполняли пересадку несвободного костно-мышечного трансплантата из клювовидного отростка лопатки в зону перелома.

Результаты. Функциональные результаты лечения пациентов, оперированных с использованием несвободных костно-мышечных трансплантатов из клювовидного отростка лопатки (71,5% отличных и 14,3% хороших результатов), лучше результатов контрольной группы (35,28% отличных и 17,64% хороших результатов). В контрольной группе консолидация перелома произошла в 92% случаев (23 пациента), у остальных 8% (2) пациентов отмечен исход в виде ложного сустава области анатомической или хирургической шейки плечевой кости в течение 6 мес. после операции. В основной группе у всех пациентов переломы консолидировались.

Заключение. Показанием для выполнения наkostного остеосинтеза без несвободной трансплантации костно-мышечного лоскута следует считать переломы без нарушения целостности межбугорковой борозды. Применение блокирующего остеосинтеза при внутрисуставных переломах ПОПК значительно затруднено необходимостью репозиции головки и бугорковой зоны. При блокирующем остеосинтезе снижается жесткость фиксации отломков, что может способствовать их вторичному смещению.

Ключевые слова: внутрисуставной перелом проксимального отдела плечевой кости, наkostный остеосинтез, стимуляция репаративного остеогенеза, несвободный костно-мышечный трансплантат, асептический некроз проксимального эпифиза плечевой кости.

Для цитирования: Афанасьев Ю.А. Выбор метода остеосинтеза при внутрисуставных переломах проксимального эпифиза плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):38-45. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2370>.

Афанасьев Юрий Андреевич; e-mail: aua315@icloud.com

Рукопись получена: 22.01.2023. Рукопись одобрена: 04.04.2023. Статья опубликована онлайн: 24.04.2023.

© Афанасьев Ю.А., 2023



Fixation Techniques for Intraarticular Proximal Humeral Fractures

Yuri A. Afanasiev

City Clinical Hospital No 1, Novosibirsk, Russia

Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Abstract

Background. The most severe type of injuries of the proximal epiphysis of the humerus are intraarticular fractures. One of the main complication is the development of avascular osteonecrosis, which is caused by the peculiarities of blood supply of the humeral head and its compromised vascularization as a result of trauma. Current osteosynthesis techniques for intraarticular fractures of the proximal humerus (PH) do not reduce the risk of avascular osteonecrosis of the humeral head (AONHH) and do not reduce the risk of nonunion. To prevent ischemic changes in the humeral head, osteosynthesis with reparative osteogenesis stimulation is recommended.

Aim of the study – to specify indications for various fixation techniques of intraarticular fractures of the proximal humerus.

Methods. The study enrolled 48 patients with AO/ASIF type 11C1 and 11C2 intraarticular PH fractures requiring surgical treatment. All patients were allocated into 2 groups. Retrospective (control) group included 25 patients who were treated using locking plate osteosynthesis or intramedullary locking osteosynthesis with proximal humeral nails. Prospective (main) group included 23 patients who were additionally treated with a vascularized musculoskeletal graft from the coracoid process of the scapula transplanted to the fracture area.

Results. Functional treatment results of patients who underwent surgery using vascularized musculoskeletal grafts from the coracoid processes of the scapula (71.50% were excellent and 14.3% were good) were better than those of the control group (35.28% were excellent and 17.64% were good). Consolidation of the fracture in the control group occurred in 92% of cases (23 patients); the remaining 8% (2) of patients had pseudoarthrosis of the anatomical or surgical neck of the humerus developed within 6 months after the surgery. In the main group, the fractures consolidated in all patients.

Conclusion. Fractures with no damage to the bicipital groove should be considered an indication for performing plate osteosynthesis without vascularized musculoskeletal grafting. Locking osteosynthesis in case of intraarticular PH fractures makes it much more difficult to reduce the humeral head and the tubercular area. Locking osteosynthesis decreases the rigidity of fixation of fragments, which may contribute to their secondary displacement.

Keywords: proximal humerus fracture, plate osteosynthesis, stimulation of reparative osteogenesis, vascularized musculoskeletal graft, humeral osteonecrosis.

Cite as: Afanasiev Yu.A. Fixation Techniques for Intraarticular Proximal Humeral Fractures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):38-45. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2370>.

✉ Yuri A. Afanasiev; e-mail: aua315@icloud.com

Submitted: 22.01.2023. Accepted: 04.04.2023. Published Online: 24.04.2023.

© Afanasiev Yu.A., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Переломы проксимального отдела плечевой кости (ПОПК) составляют около 6% всех переломов, а пик заболеваемости приходится на возрастную группу от 60 до 90 лет [1]. У пациентов старше 65 лет они находятся на третьем месте по частоте после повреждений критических зон остеопороза [2]. Несмотря на многие исследования, доказывающие неэффективность консервативных методов лечения ПОПК, работа по сравнению оперативного и консервативного методов проводится постоянно. Доминирующей точкой зрения в настоящий момент является мнение, что консервативное лечение нестабильных многофрагментных переломов проксимального отдела плечевой кости в большинстве случаев приводит к неудовлетворительным результатам [3]. Их хирургическое лечение представлено тремя основными направлениями: накостный остеосинтез пластинами с угловой стабильностью, интрамедуллярный блокирующий остеосинтез различными модификациями проксимальных плечевых гвоздей (PHN) и эндопротезирование плечевого сустава. Существуют также оригинальные авторские фиксаторы, имеющие ограниченную распространенность. Чрескостный остеосинтез переломов ПОПК не получил широкого распространения в связи с технической сложностью и необходимостью постоянного контроля за состоянием аппаратов внешней фиксации.

Несмотря на разработанные клинические рекомендации по лечению, выбор метода остеосинтеза при внутрисуставных переломах ПОПК остается актуальной проблемой, прежде всего, вследствие частого развития посттравматических изменений головки плечевой кости.

Цель исследования — уточнить показания к различным методам хирургического лечения внутрисуставных переломов проксимального отдела плечевой кости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн

Выполнено одноцентровое ретроспективно-проспективное когортное нерандомизированное контролируемое (активный контроль) исследование, в которое вошли 48 наблюдений пациентов с внутрисуставными переломами ПОПК, лечившихся стационарно и в дальнейшем наблюдавшихся амбулаторно.

Критерии включения в исследование: пациенты в возрасте от 20 до 80 лет включительно с переломами типов 11-C1 и 11-C2 по классификации АО/ASIF [4] (исключая переломовывихи) или с последствиями переломов ПОПК, нуждающиеся в оперативном лечении.

Из общего количества пациентов были сформированы две группы. В ретроспективную (контрольную) группу вошли 25 пациентов, которых лечили с использованием накостного остеосинтеза пластиной с угловой стабильностью или интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза проксимальными плечевыми штифтами. В проспективную (основную) группу вошли 23 пациента, при лечении которых дополнительно использовали пересадку в зону перелома несвободного костно-мышечного трансплантата из клювовидного отростка лопатки.

Обследование пациентов

Все пациенты проходили клиническое и лучевое обследования. Клиническое обследование включало сбор анамнеза и жалоб, оценку локального статуса. Лучевое исследование состояло из рентгенографии плечевого сустава в двух или трех проекциях, магнитно-резонансной томографии и мультиспиральной компьютерной томографии и имело целью оценку степени остеосклероза и сопутствующих дистрофических изменений и/или повреждений сухожилий вращательной манжеты плеча и степени развития вторичного омартроза. Изучали рентгенологическую динамику изменений в зоне перелома и костной структуры головки плечевой кости.

Оценка результатов

Оценку клинических результатов проводили с использованием опросника ASES: выраженность болевого синдрома (PS) и уровень повседневной активности (ADL). Степень асептического некроза головки плечевой кости (АНГПК) оценивали по рентгенологическим данным.

Статистический анализ

Выборочные распределения непрерывных показателей возраста, времени осмотра после операции, ASES, отведения, сгибания, внутренней и наружной ротации исследовались на согласие с законом нормального распределения критерием Шапиро – Уилка, равенство дисперсий в сравниваемых группах — критерием Фишера. Большинство распределений оказались ненормальными и гетероскедастичными. Поэтому сравнение непрерывных показателей проводилось непараметрическим U-критерием Манна – Уитни. Для оценки величины различия в группах рассчитывалась псевдомедиана разностей значений (ПМ) и стандартизованная разность средних (СРС). Непрерывные показатели описывались в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль] (M [Q1; Q3], минимальное и максимальное значения (мин–макс).

Бинарные показатели консолидации и элевации описывались как количество событий и частоты

с построением 95% доверительного интервала (ДИ) по формуле Вильсона ($n, \% [95\% \text{ ДИ}]$). Для оценки различия групп рассчитывалась разность рисков (РР) и отношение шансов (ОШ) с 95% ДИ. Для степеней категориальных показателей АНГПК рассчитаны количество пациентов и частота выявления (степень — $n (\%)$). Бинарные и категориальные показатели сравнивались с применением точного двустороннего критерия Фишера. При сравнении степеней в категориальных показателях проводилась коррекция ошибки множественного сравнения критерием Бенджамини – Хохберга.

Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p = 0,05$, т.е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$. Все статистические расчеты прово-

дились в программе Rstudio (версия 2022.07.2+576, 2022-09-06) на языке R (версия 4.1.3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты оценивались в сроки 12–24 мес. после операции (табл. 1).

Распределение степеней АНГПК в основной и контрольной группах статистически значимо различалось ($p = 0,010$): 0 степень — у 12 (48,0%) и 20 (87,0%) пациентов соответственно ($p = 0,018$), 4 степень — у 10 (40%) и 2 (8,7%) пациентов соответственно ($p = 0,028$). Различий по 3 степени не обнаружено ($p = 0,610$) (рис. 1).

Объем активных движений в группах находился в сопоставимых пределах: в основной группе был ниже в среднем на $5-10^\circ$ ($p = 0,483-0,532$) (рис. 2).

Таблица 1

Сравнение показателей между группами исследования и контроля

Показатель	Контрольная группа $n = 25$	Основная группа $n = 23$	Оценка различия	p
Возраст, лет M [Q1; Q3] (мин–макс)	67 [55; 70] (33–77)	65 [62; 76] (46–81)	ПМ: 4 [-3; 9] СРС: 0,43	0,296
Срок осмотра после операции, мес. M [Q1; Q3] (мин–макс)	48 [24; 48] (12–68)	18 [11; 24] (6–36)	ПМ: 24 [12; 36] СРС: 1,52	<0,001*
Консолидация Абс. ч. (%) [95% ДИ]	23 (92) [75%; 98%]	23 (100) [86%; 100%]	РР: 8% [3%; 19%]	0,491
PS, баллы M [Q1; Q3] (мин–макс)	45 [35; 50] (5–50)	45 [45; 50] (35–50)	ПМ: 5 [0; 10] СРС: 0,83	0,017*
ADL, баллы M [Q1; Q3] (мин–макс)	37 [22; 45] (12–50)	33 [29.5; 42] (22–50)	ПМ: 0 [-6; 10] СРС: 0,18	0,877
ASES, общ. баллы M [Q1; Q3] (мин–макс)	80 [62; 88] (27–100)	80 [77; 88.5] (68–95)	ПМ: 4 [-5; 16] СРС: 0,54	0,535

* — обозначены статистически значимо различающиеся значения.

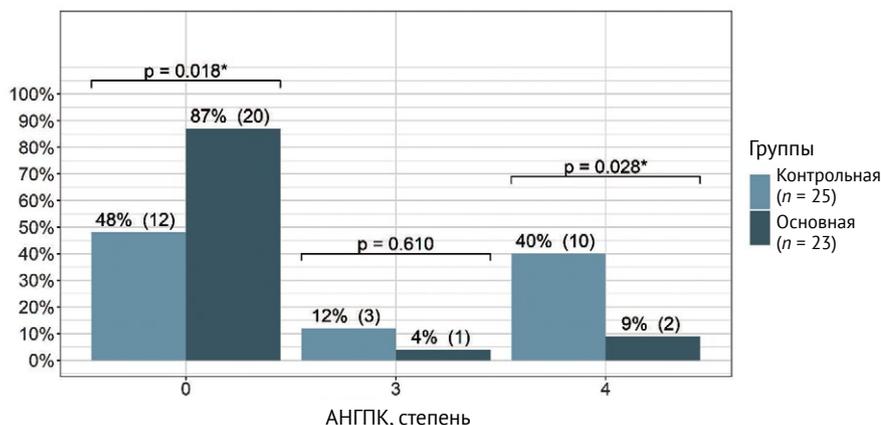


Рис. 1. Распределение степеней асептического некроза головки плечевой кости в группах
Fig. 1. Distribution of grades of avascular osteonecrosis of the humeral head in the groups

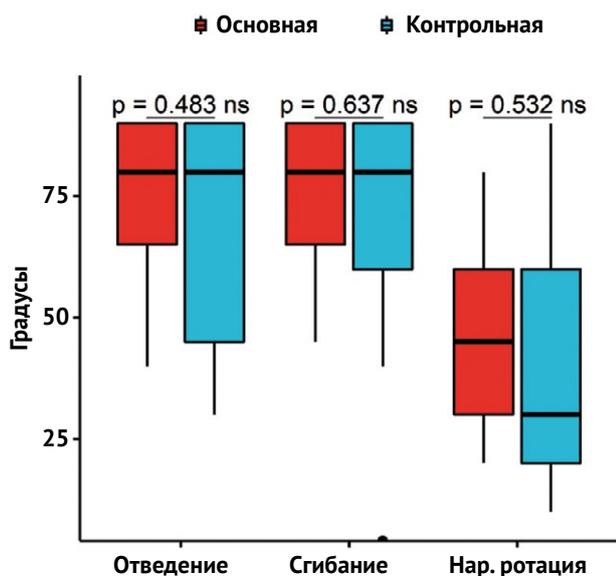


Рис. 2. Объем активных движений в плечевом суставе в группах

Fig. 2. Range of active motions in the shoulder in the groups

Значения PS в основной и контрольной группах составили в среднем 45 [35; 50] и 45 [45; 50] баллов соответственно. В основной группе PS был статистически значимо больше в среднем на 5 баллов ($p = 0,017$). Значения ADL составили в среднем 37 [22; 45] и 33 [29; 42] балла. В основной группе ADL был статистически значимо больше в среднем на 3–5 баллов ($p = 0,088$) (рис. 3).

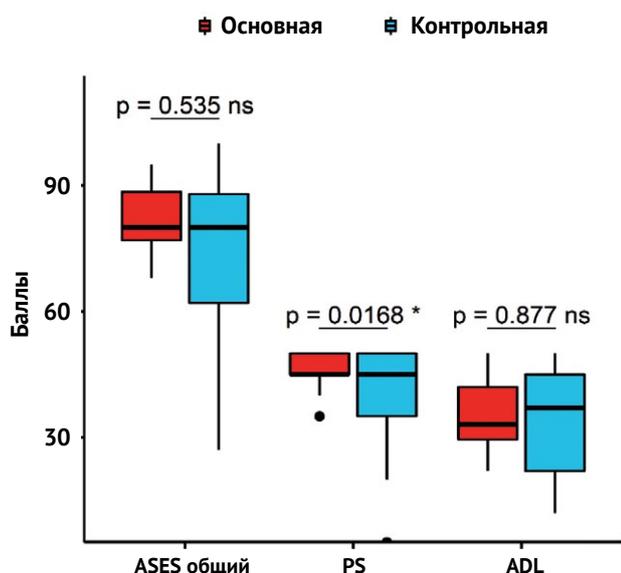


Рис. 3. Значения PS и ADL в группах

Fig. 3. PS and ADL values in the groups

В контрольной группе консолидация переломов произошла в 92% случаев (23 пациента) ($p = 0,491$), в остальных 8% (2 пациента) отмечен исход в виде ложного сустава области анатомической или хирургической шейки плечевой кости в течение 6 мес. после операции. В основной группе случаев развития ложных суставов не отмечено — у всех пациентов переломы консолидировались.

ОБСУЖДЕНИЕ

При выборе метода остеосинтеза внутрисуставного перелома проксимального эпифиза плечевой кости практикующий хирург сталкивается с проблемой уменьшения травматичности операции и сохранения кровоснабжения отломков, с одной стороны, и обеспечения точной репозиции и стабильной жесткой фиксации, с другой. Интрамедуллярный остеосинтез широко используется при лечении переломов типа C в основном благодаря усовершенствованной системе блокирования винтов и считается методом выбора у пациентов старших возрастных групп, так как обеспечивает достаточную стабильность отломков [5]. Блолируемые системы фиксации с угловой стабильностью обладают более высокими показателями внутренней стабильности, поэтому они лучше удерживают репозицию на этапе послеоперационного функционального лечения [6]. П.Г. Коган с соавторами в 2013 г. считали интрамедуллярный остеосинтез одним из наиболее перспективных методов лечения оскольчатых переломов проксимального эпифиза плечевой кости [7]. Однако по мере развития малоинвазивных методик появились исследования, которые выявили и отрицательные стороны закрытой репозиции переломов.

C. Rajasekhar с соавторами сообщили о 59 осложнениях у 115 пациентов. Наибольшее количество (26 из 59) составила миграция винтов. Авторы обращают внимание на необходимость более тщательной фиксации бугорков и улучшения техники установки винтов для предотвращения этого осложнения [8]. Схожую частоту осложнений, которая составляла 39% (26 из 61 пациента), отметили C. Witney-Lagen с соавторами. Наибольшее количество (7 из 26) осложнений пришлось на импинджмент-синдром, что потребовало удаления штифта [9].

Вследствие технических трудностей восстановления анатомических соотношений в суставе при закрытой репозиции разрабатываются методики репозиции из мини-доступа с мягкотканной стабилизацией бугорков [10] либо фиксация бугорков отдельными конструкциями. Дополнение стабилизации отломков ПОПК методикой «screw-in-screw» (винт-в-винте) в некоторой мере решает

проблему вторичного смещения отломков, однако по надежности уступает накостному остеосинтезу пластиной с угловой стабильностью (LCP).

Методом выбора при многофрагментарных переломах ПОПК принято считать первичное эндопротезирование плечевого сустава. Большинство последних исследований показывают, что раннее эндопротезирование обычно предпочтительнее, чем артропластика в отдаленном периоде, так как первичную операцию выполнить технически проще [11]. Тем не менее, U. Prakash с соавторами не нашли разницы между первичным и отсроченным эндопротезированием при прошествии более 30 дней после травмы [12]. В последнее время появляется все больше сообщений о неудовлетворительных результатах эндопротезирования плечевого сустава при переломах ПОПК. D. den Hartog с соавторами в 2010 г. опубликовали результаты метаанализа 33 исследований, в которые вошли 1096 пациентов с трех- и четырехфрагментарными переломами ПОПК. У пациентов, которым выполнялось эндопротезирование, выявлен худший функциональный результат по сравнению с неоперированными больными с разницей в 10,9 балла по 100-балльной шкале Constant [13]. При сравнительном изучении отдаленных последствий эндопротезирования умеренное и резкое нарушение функции конечности выявлено в 30% случаев [14]. Несмотря на неоднозначность полученных результатов протезирования плечевого сустава при переломах, в настоящее время превалирует мнение, что внутрисуставные переломы ПОПК являются показанием для первичного эндопротезирования сустава [15]. Кроме технических трудностей, отдаленный результат остеосинтеза внутрисуставных переломов ПОПК всегда сомнителен вследствие нарушения его васкуляризации в момент травмы и операции, что приводит затем к некрозу головки и коллапсу, который возникает в 30–100% случаев [16]. Таким образом, одним из основных факторов, влияющих на выбор метода оперативного пособия в случае внутрисуставных переломов ПОПК, является вероятность повреждения основных источников кровоснабжения головки плечевой кости.

Исследования сосудистой сети ПОПК показали, что кровоснабжение головки плечевой кости осуществляется в основном через дугообразную артерию, которая ответвляется от восходящей ветви передней огибающей плечо артерии. При повреждении дугообразной артерии кровоснабжение головки не может быть компенсировано другими источниками, что и приводит к АНГПК [17].

Принципиальное значение повреждения дугообразной артерии подтвердили С.Н. Brooks с соавторами, изучавшие анатомию артерий ПОПК и влияние четырехфрагментарных переломов на кровоснабжение головки плечевой кости. В боль-

шинстве случаев имитированные четырехфрагментарные переломы прекращали перфузию головки плечевой кости. Однако если линия перелома проходила дистально ниже суставной поверхности и медиально, некоторая перфузия головки сохранялась за счет заднемедиальных сосудов. Эти сосуды играют важную роль в лечении оскольчатых переломов ПОПК [18]. Исходя из этого возникает необходимость стимуляции репаративного остеогенеза при внутрисуставных повреждениях для сокращения сроков достижения сращения и профилактики ишемических изменений головки плечевой кости. Наиболее перспективным для стимуляции остеогенеза представляется использование несвободных аутоотрансплантатов.

Кровоснабжаемость остеомирированного фрагмента коракоида доказана результатами анатомо-морфологического исследования R. Khundkar с соавторами. Экспериментальные кадаверные и клинические исследования продемонстрировали наличие ранее не идентифицированной прямой артериальной ветви от второй (средней) части подмышечной артерии, питающей передние 2–3 см клювовидного отростка лопатки [19]. A. Hamel с соавторами выполнили посмертные ангиографии верхней конечности. Результаты: вертикальная часть клювовидного отростка снабжалась надлопаточной артерией, а горизонтальная часть — ветвями подмышечной артерии [20]. В другом исследовании кровоснабжаемости клювовидного отростка, проведенного Z. Deng с соавторами, выявлено, что клювовидный отросток снабжается надлопаточной артерией, грудно-акромиальной артерией и ответвлением от второй части подмышечной артерии. Кроме того, существует вероятность того, что сосуды, полученные из *m. biceps*, питали нижнюю сторону клювовидного отростка [21].

Рассматриваются современные способы стимуляции репаративных процессов, которые наиболее доступны для реализации в многопрофильном стационаре. Использование свободных губчатых костных аутоотрансплантатов из крыла подвздошной кости рассматривается исключительно для замещения дефектов ПОПК, возникающих вследствие смятия остеопорозной кости в момент травмы [1]. Данный вариант костной пластики является оптимальным по многим параметрам, включающим отсутствие иммунного ответа, наличие живых остеогенных клеток. Главные недостатки аутопластики хорошо известны любому практикующему травматологу: нанесение дополнительной травмы донорскому участку, удлинение времени операции, возникновение дополнительных ворот инфекции. Некоторые источники указывают на возможность использования аллокости и синтетических материалов для этой цели [22]. К сожалению, данные материалы ника-

ким образом не могут стимулировать остеогенез в зоне ишемии костной ткани, за исключением случаев насыщения костной структуры аллотрансплантата остеостимулирующими субстратами. Примером может являться исследование остеостимуляции трансплантата из препарата головки, шейки и части диафиза малоберцовой кости кадавера, насыщенного раствором коллагена. Согласно результатам работы, разработанный комбинированный аллогенный трансплантат из головки малоберцовой кости, насыщенный коллагеном I типа, не токсичен, не обладает иммуногенностью, при этом имеет более выраженные остеокондуктивные свойства по сравнению с нативными костными аллотрансплантатами, что способствует его заселению клетками [22].

Широкое применение аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, аутологичного тромбоцитарного лизата человека и аспириата аутологичного костного мозга человека ограничено необходимостью использования специального дорогостоящего оборудования. Наиболее перспективным для стимуляции остеогенеза представляется использование несвободных аутоотрансплантатов, сохраняющих кровоснабжение парафрактурной области из дополнительного источника. Помимо

предложенной нами методики, обращает на себя внимание метод несвободной костной пластики для лечения ложных суставов в верхней трети плечевой кости, предложенный Р.М. Тихиловым с соавторами [23]. Суть метода заключается в формировании костно-мышечного трансплантата, включающего фрагмент нижнего угла лопатки, который перемещают в зону реконструкции в верхней трети плеча.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показанием для остеосинтеза являются внутрисуставные переломы ПОПК со смещением отломков по межбугорковой борозде более 2 мм. Показанием для накостного остеосинтеза без несвободной трансплантации костно-мышечного лоскута следует считать переломы без нарушения целостности межбугорковой борозды. Применение блокирующего остеосинтеза при внутрисуставных переломах ПОПК значительно затруднено необходимостью репозиции головки и бугорковой зоны. При блокирующем остеосинтезе снижается жесткость фиксации отломков, что может способствовать их вторичному смещению. Учитывая закрытый характер репозиции отломков, вероятность повреждения дугообразной ветви передней огибающей плечо артерии возрастает.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна, протокол № 001/23 от 17 января 2022 г.

Информированное согласие на публикацию. Автор получил письменное согласие пациентов на участие в исследовании.

DISCLAIMERS

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

Disclosure competing interests. The author declares that they have no competing interests.

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, protocol No 001/23, 17.01.2022.

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

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Slobogean G.P., Johal H., Lefavre K.A., MacIntyre N.J., Sprague S., Scott T. et al. A scoping review of the proximal humerus fracture literature. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:112. doi: 10.1186/s12891-015-0564-8.
2. Nguyen T.V., Center J.R., Sambrook P.N., Eisman J.A. Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Am J Epidemiol.* 2001;153(6): 587-595. doi: 10.1093/aje/153.6.587.
3. Nalla R.K., Kruzic J.J., Kinney J.H., Ritchie R.O. Aspects of in vitro fatigue in human cortical bone: time and cycle dependent crack growth. *Biomaterials.* 2005;26(14): 2183-2195. doi: 10.1016/j.biomaterials.2004.05.024.
4. Müller M.E., Koch P., Nazarian S., Schatzker J. Principles of the Classification of Fractures. In: *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones.* Berlin, Heidelberg: Springer; 1990. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-61261-9_2.
5. Rothstock S., Plecko M., Kloub M., Schiuma D., Windolf M., Gueorguiev B. Biomechanical evaluation of two intramedullary nailing techniques with different locking options in a three-part fracture proximal humerus model. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012;27(7): 686-691. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2012.03.003.
6. Егиазарян К.А., Ратьев А.П., Гордиенко Д.И., Григорьев А.В., Овчаренко Н.В. Среднесрочные результаты лечения переломов проксимального отдела плечевой кости методом внутрикостного остеосинтеза. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(4): 81-88. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88.

- Egiazaryan K.A., Ratyev A.P., Gordienko D.I., Grigoriev A.V., Ovcharenko N.V. Midterm Treatment Outcomes of Proximal Humerus Fractures by Intramedullary Fixation. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(4):81-88. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88
7. Коган П.Г., Воронцова Т.Н., Шубняков И.И., Воронкевич И.А., Ласунский С.А. Эволюция лечения переломов проксимального отдела плечевой кости (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2013;19(3):154-161. doi: 10.21823/2311-2905-2013--3-154-161. Kogan P.G., Vorontsova T.N., Shubnyakov I.I., Voronkevich I.A., Lasunskiy S.A. Evolution of treatment of the proximal humerus fractures (review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2013;19(3):154-161. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2013--3-154-161.
 8. Rajasekhar C., Ray P.S., Bhamra M.S. Fixation of proximal humeral fractures with the Polarus nail. *J Shoulder Elbow Surg*. 2001;10(1):7-10. doi: 10.1067/mse.2001.109556.
 9. Witney-Lagen C., Datir S., Kumar V., Venkateswaran B. Treatment of Proximal Humerus Fractures with the Stryker T2 Proximal Humeral Nail: A Study of 61 Cases. *J Shoulder Elbow*. 2013;5(1):48-55. doi: 10.1111/j.1758-5740.2012.00216.x.
 10. Егиазарян К.А., Ратьев А.П., Тамазян В.О., Глазков К.И., Эршов Д.С. Результаты остеосинтеза переломов проксимального отдела плечевой кости интрамедуллярным штифтом с дополнительной мягкотканной стабилизацией бугорков. *Полтравма*. 2019;(2):32-39. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88. Egiazaryan K.A., Ratyev A.P., Tamazyan V.O., Glazkov K.I., Ershov D.S. Results of osteosynthesis of proximal humerus fractures with intramedullary nail and additional suture fixation of tuberosities. *Polytrauma*. 2019;(2):32-39. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88.
 11. Лазишвили Г.Д., Григорьев А.В., Кузин В.В., Гордиенко Д.И., Ратьев А.П., Семенов П.В. Хирургическое лечение переломов проксимального отдела плечевой кости. *Московский хирургический журнал*. 2016;1(47):22-23. Lazishvili G.D., Grigor'ev A.V., Kuzin V.V., Gordienko D.I., Rat'ev A.P., Semenov P.V. Surgical treatment of fractures of the proximal humerus. *Moskovskii khirurgicheskii zhurnal*. 2016;1(47):22-23. (In Russian).
 12. Prakash U., McGurty D.W., Dent J.A. Hemiarthroplasty for severe fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 2002;11(5):428-430. doi: 10.1067/mse.2002.126615.
 13. den Hartog D., de Haan J., Schep N.W., Tuinebreijer W.E. Primary shoulder arthroplasty versus conservative treatment for comminuted proximal humeral fractures: a systematic literature review. *Open Orthop J*. 2010;4:87-92. doi: 10.2174/1874325001004020087.
 14. Zyto K., Wallace W.A., Frostick S.P., Preston B.J. Outcome after hemiarthroplasty for three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 1998;7(2):85-89. doi: 10.1016/s1058-2746(98)90215-4.
 15. Neer C.S. 2nd. Displaced proximal humeral fractures: part I. Classification and evaluation. 1970. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;442:77-82. doi: 10.1097/01.blo.0000198718.91223.ca.
 16. Resch H., Povacz P., Fröhlich R., Wambacher M. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79(2):295-300. doi: 10.1302/0301-620x.79b2.6958.
 17. Robinson B.C., Athwal G.S., Sanchez-Sotelo J., Rispoli D.M. Classification and imaging of proximal humerus fractures. *Orthop Clin North Am*. 2008;39(4):393-403, v. doi: 10.1016/j.ocl.2008.05.002.
 18. Brooks C.H., Revell W.J., Heatley F.W. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study. *J Bone Joint Surg Br*. 1993;75(1):132-136. doi: 10.1302/0301-620X.75B1.8421010.
 19. Khundkar R., Giele H. The coracoid process is supplied by a direct branch of the 2nd part of the axillary artery permitting use of the coracoid as a vascularised bone flap, and improving its viability in Latarjet or Bristow procedures. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2019;72(4):609-615. doi: 10.1016/j.bjps.2019.01.014.
 20. Hamel A., Hamel O., Ploteau S., Robert R., Rogez J.M., Malinge M. The arterial supply of the coracoid process. *Surg Radiol Anat*. 2012;34(7):599-607. doi: 10.1007/s00276-012-0952-9.
 21. Deng Z., Liang D., Zhu W., Liu H., Xu J., Peng L. et al. A pilot study of blood supply of the coracoid process and the coracoid bone graft after Latarjet osteotomy. *Biosci Rep*. 2019;39(11):BSR20190929. doi: 10.1042/BSR20190929.
 22. Ваза А.Ю., Файн А.М., Боровкова Н.В., Галанкина И.Е., Макаров М.С., Забавская О.А. и др. Первый опыт использования разработанных модифицированных аллогенных костных трансплантатов при хирургическом лечении пациентов с тяжелыми переломами хирургической шейки плечевой кости. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2021;10(1):83-90. 10.23934/2223-9022-2021-10-1-83-90. Vaza A.Y., Fain A.M., Borovkova N.V., Galankina I.E., Makarov M.S., Zabavskaya O.A. et al. The First Experience of Using the Developed Modified Allogenic Bone Grafts in the Surgical Treatment of Patients With Severe Fractures of the Surgical Neck of the Humerus. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2021;10(1):83-90. (In Russian). doi: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-83-90.
 23. Тихилов Р.М., Лушников С.П., Кочиш А.Ю. Использование латерального края лопатки для пластики верхней трети плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2009;(2):7-14. Tikhilov R.M., Lushnikov S.P., Kochish A.Yu. The plasty of humeral proximal part using lateral edge of scapula. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2009;(2):7-14. (In Russian).

Сведения об авторе

✉ Афанасьев Юрий Андреевич

Адрес: Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Залесского, д. 6
<https://orcid.org/0000-0003-1134-1524>
 e-mail: aua315@icloud.com

Author information

✉ Yuri A. Afanasiev

Address: 6, Zalessky st., Novosibirsk, 630091, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-1134-1524>
 e-mail: aua315@icloud.com



Эффективность современных пероральных форм нестероидных противовоспалительных препаратов для обезболивания после тотального эндопротезирования коленного сустава

А.В. Сараев, Н.Н. Корнилов

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

Реферат

Введение. Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) характеризуется выраженным болевым синдромом в послеоперационном периоде с тенденцией к медленному снижению.

Цель исследования — оценить эффективность и безопасность применения таблетированных форм кеторолака и кетопрофена для купирования послеоперационной боли у пациентов с гонартрозом после ТЭКС.

Материал и методы. Сто пациентов с гонартрозом терминальной стадии (80 женщин и 20 мужчин, средний возраст 66,6 лет), последовательно госпитализированных для планового первичного неосложненного ТЭКС, были перспективно рандомизированы в основную (49 пациентов) и контрольную (51 пациент) группы. В основной группе для послеоперационного обезболивания использовали перорально Кеторол Экспресс 10 мг (4 раза в сутки), в контрольной группе — Кетонал 100 мг (2 раза в сутки). Для оценки результатов лечения использовались цифровая рейтинговая (NRS) и визуальная аналоговая шкалы (ВАШ), дневники боли, опросник коморбидности, шкала Oxford Knee Score-12, опросники выявления нежелательных эффектов и побочных действий. Дополнительно анализировали переносимость препаратов, удобство применения и общую удовлетворенность лечением по балльным категориальным шкалам. Половозрастные, клинико-рентгенологические, функциональные и интраоперационные характеристики пациентов в обеих группах не имели статистически значимых отличий.

Результаты. Динамика боли по шкалам NRS и ВАШ в обеих группах демонстрировала одинаковую тенденцию: средние значения достигали пика уровня умеренной боли в первые сутки после операции, снижаясь к 4-му дню вдвое. Средний, минимальный и максимальный уровни боли в течение дня как в покое, так и при движениях, а также продолжительность умеренной/сильной боли в течение дня значительно не отличались в обеих группах, также как и скорость наступления обезболивающего эффекта в течение первого часа после приема препарата. В обеих группах выявлено сравнимое число пациентов, которым дополнительно к пероральному приему потребовалось парентеральное введение анальгетиков: в среднем 3,57 инъекции в основной и 4,41 — в контрольной группах. Однако на 3-и и 4-е сут. после операции среди пациентов, получавших кеторолак, необходимость в дополнительном обезболивании была примерно на треть ниже к 3-м сут. ($p < 0,05$) и почти вдвое — к 4-м сут. ($p < 0,05$) по сравнению с принимавшими кетопрофен. Частота нежелательных явлений была схожа в обеих группах пациентов, но об отличном уровне удовлетворенности проводимым лечением среди пациентов, принимавших кеторолак, сообщило вдвое больше больных.

Заключение. Пероральные формы кеторолака и кетопрофена демонстрируют сопоставимую высокую эффективность при купировании боли после ТЭКС и хорошо переносятся пациентами, поэтому могут быть адекватной альтернативой их парентеральному применению в раннем послеоперационном периоде.

Ключевые слова: эндопротезирование коленного сустава, послеоперационный болевой синдром, аналгезия, нестероидные противовоспалительные препараты.

Для цитирования: Сараев А.В., Корнилов Н.Н. Эффективность современных пероральных форм нестероидных противовоспалительных препаратов для обезболивания после тотального эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(2):46-56. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8006>.

Сараев Александр Викторович; e-mail: saraev@drkoleno.ru

Рукопись получена: 03.04.2023. Рукопись одобрена: 01.06.2023. Статья опубликована онлайн: 07.06.2023

© Сараев А.В., Корнилов Н.Н., 2023



Efficacy of Novel Oral Non-Steroid Anti-Inflammatory Drugs for Pain Management After Total Knee Arthroplasty

Aleksandr V. Saraev, Nikolai N. Kornilov

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

Abstract.

Background. Total knee arthroplasty (TKA) typically associated with moderate to severe post-operative pain that resolves quite slowly. Therefore, injectable forms of non-steroid anti-inflammatory drugs became the key element of multi-modal analgesia in early post-operative period.

Aim of the study – to evaluate the effectiveness and safety of ketorolac vs. ketoprofen for relief of postoperative pain in patients after TKA.

Methods. 100 end-stage osteoarthritic patients (mean age 66,6 years, 80 women and 20 men) that consecutively admitted for primary uncomplicated TKA were randomized in two groups. Ketorol Express (10 mg oral, 4 times per day) used for post-op pain management in the first (49 patients) while Ketonal (100 mg oral, twice a day) – in the second (51 patients). The outcomes assessed by numeral rating scale (NRS), visual analog scale (VAS), pain diaries, comorbidities, peri-operative characteristics, knee function (Oxford Knee Score – 12), adverse effects, drug tolerance and usability, overall satisfaction of treatment. Both groups had no significant gender, age, clinical, radiological, functional or intra-operative differences.

Results. The NRS and VAS ratings showed the similar tendency in both groups: the next day after surgery the pain increased up to moderate, followed by 2 times reduction at day four. There were no differences in average, minimal and maximal pain both in rest and movement as well as amount of daily moderate to severe pain and speed of analgesic effect after oral drug intake. The similar number of patients needed additional analgesics in both groups: on average 3,57 and 4,41 injections correspondently. However, in ketorolac group at day 3 & 4 the percentage of such patients was significantly lower: by 30% at day 3 ($p < 0,05$) and 50% at day 4 ($p < 0,05$). Reported side effects were comparable in both groups but the high level of overall satisfaction was two times more in the patients who took ketorolac.

Conclusion. Oral administration both of ketorolac and ketoprofen proved to be highly effective for pain management after TKA with appropriate tolerance therefore could be used instead of injections since early post-op period.

Keywords: knee arthroplasty, post-operative pain, non-steroidal anti-inflammatory drugs.

Cite as: Saraev A.V., Kornilov N.N. Efficacy of Novel Oral Non-Steroid Anti-Inflammatory Drugs for Pain Management After Total Knee Arthroplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):46-56. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8006>.

✉ Aleksandr V. Saraev; e-mail: saraev@drkoleno.ru

Submitted: 03.04.2023. Accepted: 01.06.2023. Published Online: 07.06.2023.

© Saraev A.V., Kornilov N.N., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) сопровождается развитием выраженной боли в послеоперационном периоде, которая имеет тенденцию к снижению в течение недель, а у некоторых пациентов — даже месяцев [1]. Это обусловлено, с одной стороны, сложностью иннервации данной анатомической области [2], а с другой стороны, тем, что после ТЭКС формируются новые биомеханические и кинематические условия функционирования всей нижней конечности в целом.

Одним из достижений технологий артропластики крупных суставов в XXI в. стало научное обоснование и клиническое внедрение мульти-модального подхода к анальгезии, неотъемлемым элементом которого являются нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) [3, 4]. В настоящее время в РФ зарегистрировано около 30 молекул, относящихся к этой группе, которые представлены как оригинальными препаратами, так и дженериками. Выбор НПВП осуществляется эмпирически и в основном определяется наличием у пациента индивидуальных факторов риска, среди которых наиболее значимыми являются сердечно-сосудистая патология и заболевания органов желудочно-кишечного тракта [5]. Отдельные молекулы обладают более выраженным анальгетическим, нежели противовоспалительным/жаропонижающим эффектом, что может быть клинически значимым в раннем послеоперационном периоде. Тем не менее исследований, напрямую сравнивающих клиническую эффективность различных НПВП после ТЭКС, как в зарубежной, так и отечественной научной литературе встречается мало [6, 7]. Следует отметить и то, что в РФ для послеоперационного обезболивания традиционно применяются парентеральные формы НПВП, хотя за рубежом, в силу трансформации в последние два десятилетия артропластики крупных суставов в «хирургию одного дня», предпочтение отдается пероральным формам [8].

Цель исследования — сравнительная оценка эффективности и безопасности применения таблетированных форм кеторолака и кетопрофена для купирования послеоперационной боли у пациентов с гонартрозом после тотального эндопротезирования коленного сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнено открытое наблюдательное проспективное рандомизированное сравнительное.

Пациенты

В исследование вошли 100 пациентов (80 женщин и 20 мужчин, средний возраст 66,6 лет) с терминальной стадией гонартроза (3 ст. по классификации Н.С. Косинской или IV ст. по класси-

фикации Kellgren–Lawrence). Все пациенты были госпитализированы в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена для планового первичного неосложненного ТЭКС с апреля по ноябрь 2022 г.

Критерии включения:

- варусная деформация не более 25°;
- ограничение объема движений не более 60°;
- ИМТ менее 36;
- отсутствие противопоказаний к использованию максимальных доз НПВП, местных анестетиков, гемостатического жгута;
- отсутствие костных дефектов, требующих восполнения.

Критерии невключения:

- корригирующие остеотомии бедренной или большеберцовой кости в анамнезе;
- посттравматический гонартроз;
- анкилоз коленного сустава;
- системные заболевания соединительной ткани;
- предшествующее эндопротезирование контралатерального коленного сустава;
- наличие клинически значимых внесуставных источников боли (дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, коксартроз, невропатии и т.п.);
- гиперчувствительность к кеторолаку и кетопрофену;
- наличие серьезной сопутствующей патологии, затрудняющей интерпретацию результатов лечения;
- злокачественные новообразования; застойная сердечная недостаточность (NYHA класс II–IV); почечная недостаточность (креатинин более 0,18 ммоль/л);
- лихорадка;
- нарушения сердечного ритма;
- неспособность пациента понять процедуру, незнание русского языка.

Критерии исключения из исследования: любые периоперационные осложнения, требующие изменения стандартного протокола ведения пациента (в том числе имплантация систем повышенной связанности), либо нарушение пациентом протокола исследования (отказ от приема обезболивающих препаратов, невозможность заполнения инструментов оценки и т.п.).

Пациенты были рандомизированы методом случайных чисел в две группы. В основной группе (49 пациентов) для обезболивания после ТЭКС использовали новую таблетированную форму кеторолака 10 мг (1 диспергируемая таблетка Кеторол Экспресс 4 раза в сут.). В контрольной группе (51 пациент) с той же целью применяли таблетированную форму кетопрофена 100 мг (1 таблетка Кетонала 2 раза в сут.). Из исследования не было исключено ни одного пациента.

Оценка результатов

Оценка результатов лечения в обеих группах производилась по балльным шкалам-опросникам, прошедшим культурную адаптацию и валидацию в РФ, перед операцией и ежедневно со дня операции (день 0) до 4-х сут. после ее выполнения (день накануне выписки):

1. Цифровая рейтинговая шкала (NRS) предназначена для измерения интенсивности боли и измеряется в баллах от 1 до 10, где 1 — отсутствие боли и 10 — сильнейшая боль, какую можно только представить [9]. После операции первый раз пациенты отмечали уровень боли до приема препарата (Прием 1), а затем фиксировали интенсивность боли через каждые 15 мин. в течение часа.

2. Визуальная аналоговая шкала (ВАШ) также предназначена для измерения интенсивности боли и представляет собой отрезок прямой длиной 10 см, начало которого соответствует отсутствию боли, а конечная точка — максимально возможной «невыносимой» боли. Расстояние между началом отрезка («боли нет») и сделанной пациентом отметкой измеряли в сантиметрах и округляли до целого: каждый сантиметр на линии соответствовал 1 баллу. Частота измерений по ВАШ была такой же, как и NRS.

3. Дневник боли (Pain Diary — PD) предложен для ежедневной оценки болевого синдрома. Опросник отражает шесть различных аспектов боли: наименьшую, среднюю и наивысшую силу болевых ощущений в течение суток и, кроме этого, уровень и продолжительность боли как в покое, так и при движениях в коленном суставе. Для градации используется NRS в пределах от 0 (нет боли) до 10 (максимальный уровень боли). Длительность болевых ощущений определяется количеством часов в день.

4. Опросник коморбидности (The Self-Administered Comorbidity Questionnaire — SACQ) предназначен для анализа сопутствующей патологии, которая является прогностическим фактором исходов лечения и возможных осложнений, а также функциональных результатов и продолжительности пребывания в ортопедическом стационаре [10].

5. Шкала Oxford Knee Score-12 (OKS) характеризует боль и функцию коленного сустава у пациентов с гонартрозом до и после ТЭКС, обладая высокой специфичностью и чувствительностью [11, 12].

Оценка нежелательных эффектов и побочных действий проводилась с использованием оригинального опросника, составленного на основе побочных действий кеторолака*/кетопрофена**, которые описаны в утвержденных инструкциях к препаратам с пометками «часто» и «менее часто».

Кроме этого, изучали:

1) переносимость препарата по четырехбалльной категориальной шкале: 1 балл — плохая переносимость, 2 — удовлетворительная, 3 — хорошая, 4 — отличная;

2) удобство применения формы препарата: да/нет (приятный вкус, удобство применения, быстрая развития эффекта);

3) общую удовлетворенность лечением по пятибалльной категориальной шкале: 1 — состояние ухудшилось, 2 — состояние не изменилось, 3 — состояние частично удовлетворительное, 4 — состояние удовлетворительное, 5 — состояние значительно улучшилось.

Половозрастные, клиничко-рентгенологические, функциональные и интраоперационные характеристики пациентов в обеих сравниваемых группах не имели статистически значимых отличий (табл. 1). Сравнение проводилось с помощью χ^2 -критерия Пирсона для качественных признаков и критерия Манна-Уитни для количественных признаков.

Таблица 1

Характеристика пациентов в группах сравнения, n (%), Me [Q1;Q2]

Параметр	Основная группа (кеторолак) n = 49	Контрольная группа (кетопрофен) n = 51
Женщины	43 (87,7)	37 (72,5)
Мужчины	6 (12,3)	14 (27,5)
Возраст, лет	65 [59;73]	65 [59;70]
Длительность заболевания, лет		
менее 5	29 (59,3)	33 (64,3)
более 5	17 (34,7)	15 (29,4)
Время операции, мин.	60 [55;65]	60 [55;70]
Кровопотеря, мл	50 [50;85]	50 [50;65]
с гемостатическим жгутом	38 (76,6)	41 (80,4)
без гемостатического жгута	11 (22,4)	10 (19,6)

* <https://www.rlsnet.ru/drugs/ketorolak-21188#pobocnye-deistviia>.

** <https://www.rlsnet.ru/active-substance/ketoprofen-642>.

Окончание таблицы 1

Параметр	Основная группа (кеторолак) n = 49	Контрольная группа (кетопрофен) n = 51
Продолжительность использования жгута, мин.	60 [50;60]	60 [50;70]
Имплантат с сохранением ЗКС	43 (87,8)	48 (94,1)
Имплантат с замещением ЗКС	6 (12,2)	3 (5,9)
Модель эндопротеза		
AGC (Zimmer Biomet)	18 (36,7)	26 (51,1)
Sigma (Johnson & Johnson, DePuy)	23 (46,9)	21 (41,2)
NexGen (Zimmer Biomet)	3 (6,1)	3 (5,9)
Anthem (Smith & Nephew)	3 (6,1)	1 (1,9)
Triathlon (Stryker)	2 (4,1)	–
NRS до операции	5 [3;6]	5 [3;7]
OKS до операции	33 [29;39]	34 [27;40]
Наличие сопутствующей патологии	36 (73)	39 (76)

Во всех наблюдениях была использована спинномозговая анестезия с внутривенной седацией. ТЭКС выполнялось обоими авторами стандартизировано с применением техники измеряемой резекции и восстановлением нейтральной механической оси конечности с симметрией сгибательного и разгибательного промежутков, с использованием ограниченного срединного доступа с переднемедиальной артротомией [13]. Синовэктомия, эндопротезирование надколенника и дренирование раны не применялись. Во всех случаях осуществляли локальную инфильтрационную анальгезию по методике, описанной нами ранее [14].

Обе группы исследования были сравнимы по количеству пациентов с коморбидностью, среди которой лидировали сердечно-сосудистые заболевания (62 или 81,6%) и боли в позвоночнике (52 или 68,4%), в то время как патология желудочно-кишечного тракта была более редкой (17 или 22,4%).

Статистический анализ

Применялись следующие статистические методы для обработки данных:

- описательные статистики (математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение, медиана, квартили, минимум/максимум) для обобщения первичных результатов, полученных из индивидуальных регистрационных карт пациентов;

- доверительная оценка параметров (математическое ожидание, стандартное отклонение (SD)), позволяющая оценивать исследуемые параметры с заданной надежностью.

Качественные переменные описывались абсолютными и относительными частотами (процентами).

При сравнении качественных показателей использованы методы статистического анализа:

χ^2 -критерий Пирсона, парный и непарный t-критерии Стьюдента. Для параметров, распределение которых отличалось от нормального, использовали непараметрические тесты: при сравнении двух групп использовали критерий Манна–Уитни, критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Статистическая обработка данных проводилась на персональном компьютере с помощью программы IBM SPSS Statistics 25. Статистический анализ данных проводился на выборке пациентов, имеющих данные об анализируемом параметре.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика уровня боли по шкалам NRS и ВАШ в обеих группах демонстрировала одинаковую тенденцию: средние значения достигали пика уровня умеренной боли в 1-е сут. после операции, снижаясь затем к 4-м сут. вдвое (рис. 1).

С помощью критерия Вилкоксона выявлено значимое снижение боли для обоих препаратов между днем операции и 4-м сут. наблюдения ($p = 0,000$). В каждой из точек наблюдения значимого различия на основе критерия Манна–Уитни по шкале NRS между группами не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 2).

Средний, минимальный и максимальный уровни боли в течение дня как в покое, так и при движениях, а также продолжительность умеренной/сильной боли в течение дня значимо не отличались. Как кеторолак, так и кетопрофен позволяли эффективно контролировать уровень боли после ТЭКС: суточная динамика снижения боли представлена на рисунке 2.

В каждой из точек наблюдения значимых различий по шкале ВАШ на основе критерия Манна–Уитни между группами не выявлено ($p > 0,05$) (табл. 3).

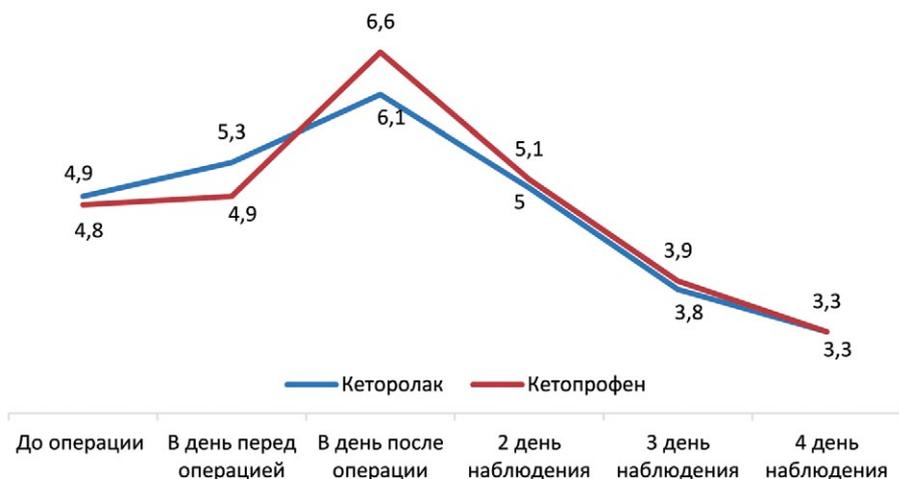


Рис. 1. Оценка боли по шкале NRS
Fig. 1. Pain severity ratings according NRS from admission trough discharge from the clinic

Оценка боли по шкале NRS на основе критерия Манна – Уитни, Ме [Q1;Q2]

Таблица 2

Срок наблюдения	Основная группа (кеторолак)	Контрольная группа (кетопрофен)	p
До операции	5 [3;6]	5 [3;7]	0,789
В день перед операцией	5 [4;7]	5 [4;6]	0,169
В день после операции	6 [5;7]	7 [5;8]	0,144
2-й день наблюдения	5 [4;6]	5 [3;6]	0,957
3-й день наблюдения	4 [3;5]	4 [3;5]	0,808
4-й день наблюдения	3 [2;4]	3 [2;4]	0,946

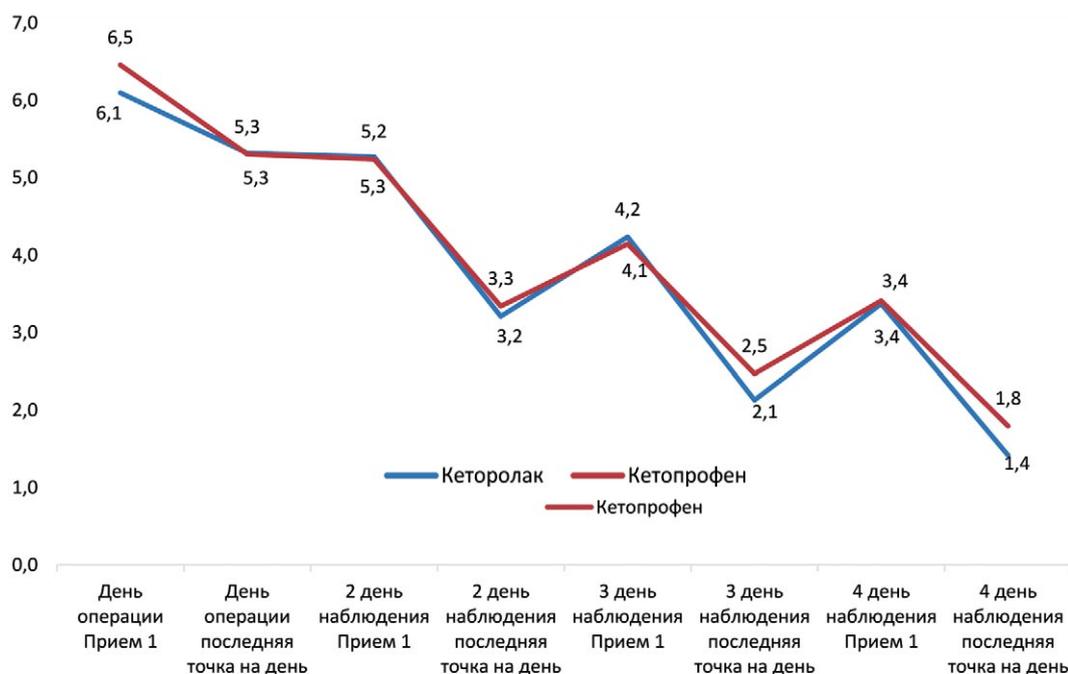


Рис. 2. Суточная динамика снижения боли по ВАШ

Fig. 2. Daily dynamic of pain from the day of surgery trough discharge from the clinic according VAS

Таблица 3

Суточная динамика снижения боли по шкале ВАШ на основе критерия Манна – Уитни, Me [Q1;Q2]

Срок наблюдения	Основная группа (кеторолак) n = 49	Контрольная группа (кетопрофен) n = 51	p
День операции Прием 1	6 [5;7]	7 [5;8]	0,402
День операции, последняя точка на день	5,5 [4;7]	5 [4;7]	0,908
2-й день наблюдения Прием 1	6 [4;7]	5 [4;6]	0,700
2-й день наблюдения Последняя точка на день	2,5 [1;5]	3 [2;5]	0,531
3-й день наблюдения Прием 1	4 [3;5]	4 [3;5]	0,666
3-й день наблюдения Последняя точка на день	2 [1;3]	2 [1;3]	0,349
4-й день наблюдения Прием 1	3 [3;4]	3 [3;4]	0,916
4-й день наблюдения Последняя точка на день	1 [1;2]	1 [1;2]	0,395

Скорость наступления обезболивающего эффекта в течение первого часа после приема препарата статистически значимо не отличалась в обеих группах пациентов.

В обеих группах выявлено сравнимое число пациентов, которым дополнительно к пероральному приему потребовалось парентеральное введение анальгетиков: в среднем 3,57 инъекции в основной группе и 4,41 — в контрольной. Однако на 3-и и 4-е сут. после операции среди пациентов, получавших кеторолак, необходимость в дополнительном обезболивании была статистически значимо ниже: примерно на треть к 3-м сут. и почти вдвое — к 4-м сут. (рис. 3).

Наркотические анальгетики (трамадол 2 мл в/м одно-двукратно) и ненаркотические (p-p парацетамол — 500 мг / 50 мл в/в одно-двукратно) рутинно применялись только в 1-е сут. после операции

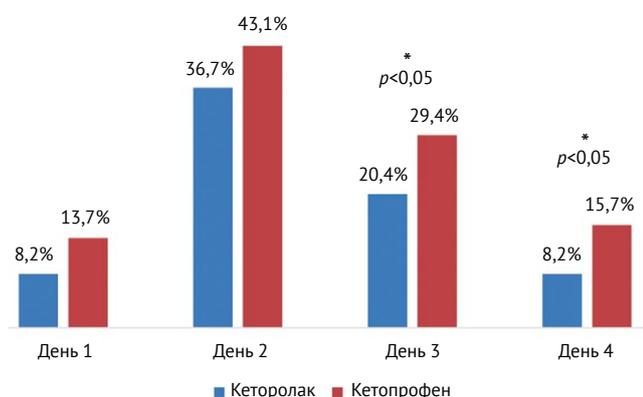


Рис. 3. Количество пациентов, нуждающихся в дополнительном парентеральном обезболивании
Fig. 3. Percentage of patients who need additional parenteral analgesia from the day of the surgery through discharge from the clinic

по требованию пациента при условии недостаточной анальгезии. В дальнейшем доля пациентов, нуждающихся в их использовании, была крайне низкой, значимо не отличаясь между обеими группами.

Среди пациентов, принимавших Кеторол Экспресс, начиная со 2-го дня после операции, некоторые снижали кратность его приема в течение суток в связи с минимальным уровнем болевых ощущений, в отличие от контрольной группы (рис. 4). В итоге к 4-м сут. после операции около трети пациентов не нуждались в четырехкратном приеме этого препарата. При этом среди пациентов, уменьшавших кратность приема до трех, двух или даже одного раза, к 3–4-м сут. боль продолжала оставаться на низком уровне: 0,6–1,8 по NRS. Среди пациентов, принимавших Кетонал, на однократный прием со 2-го дня перешли двое (3,9%), с 3-го дня трое (5,9%), и с 4-го дня — двое (3,9%).

Частота нежелательных явлений была схожа в обеих группах пациентов — 47% (22) и 44% (22) соответственно. Их распределение представлено на рисунках 5 и 6. Анализ наличия или отсутствия связи отмеченных нежелательных явлений с используемыми препаратами не проводился, изменения протокола лечения или дополнительной коррекции не потребовалось. Следует подчеркнуть, что ни у одного из находившихся под наблюдением пациентов не развилось серьезное нежелательное явление или реакция по критериям ВОЗ.

Более 2/3 пациентов отметили переносимость обоих препаратов как хорошую и отличную. Однако об отличном уровне удовлетворенности проводимым лечением среди пациентов, принимавших кеторолак, сообщило вдвое больше, чем среди получавших кетопрофен (рис. 7).

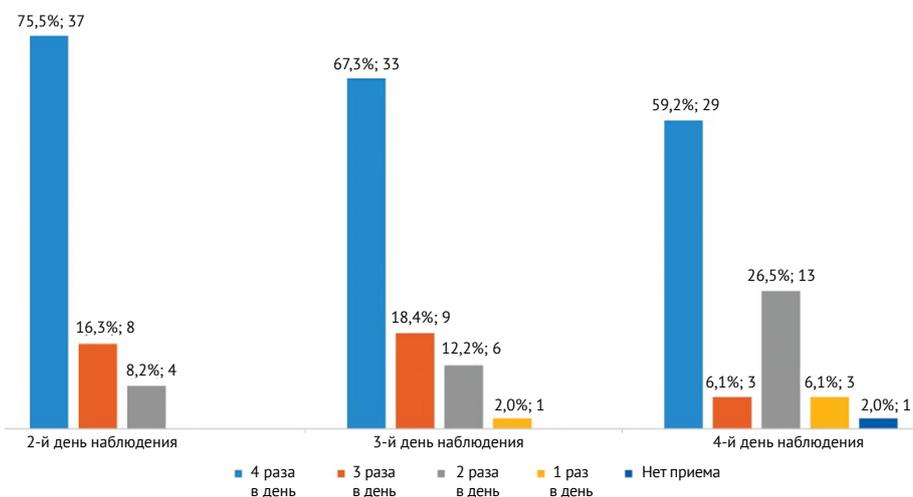


Рис. 4. Кратность приема кеторолака со 2-го дня до выписки

Fig. 4. Frequency of ketorolac intake from the second day after surgery trough discharge from the clinic

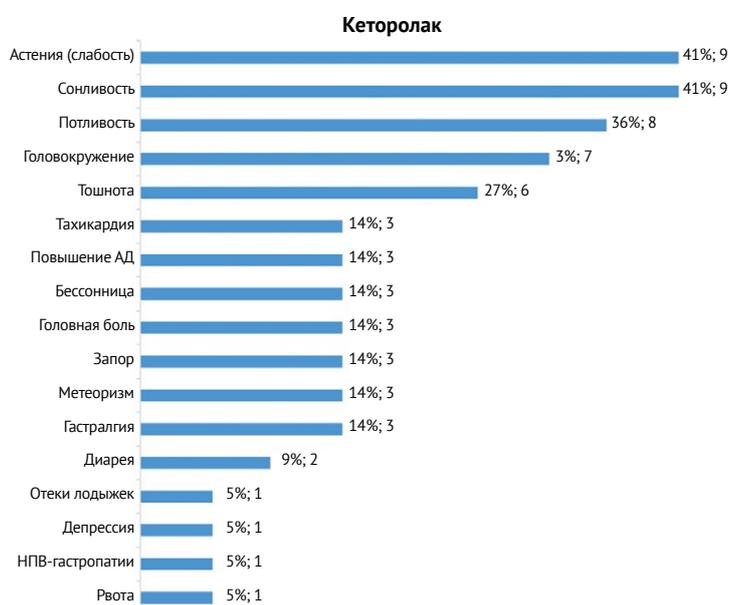


Рис. 5. Распределение побочных эффектов на фоне приема кеторолака

Fig. 5. Frequency of adverse events in ketorolac cohort



Рис. 6. Распределение побочных эффектов на фоне приема кетопрофена

Fig. 6. Frequency of adverse events in ketoprofen cohort

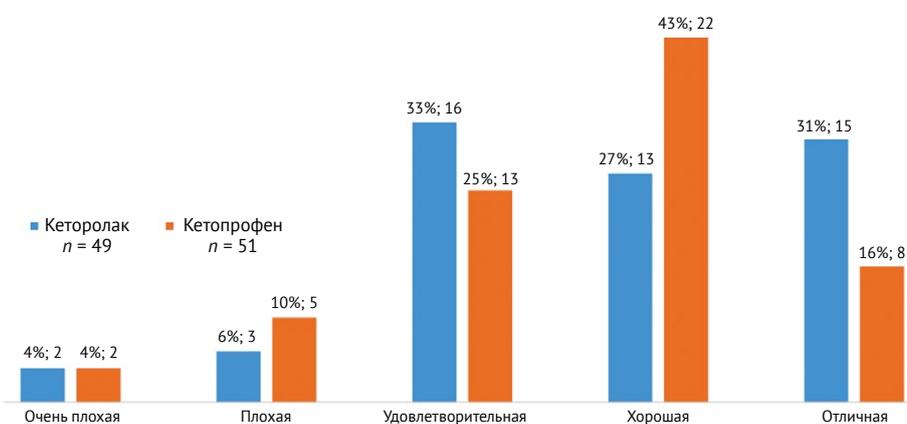


Рис. 7. Удовлетворенность пациентов лечением в обеих группах

Fig. 7. Patients' satisfaction with the treatment in both groups

Большинство пациентов оценили вкус кеторолака как приятный — 37 (78,7%), а также отметили возможность его применения без воды — 42 (89,4%).

ОБСУЖДЕНИЕ

Во-первых, полученные результаты свидетельствуют о том, что пероральное применение современных форм НПВП после ТЭКС позволяет добиться адекватного уровня анальгезии на протяжении всего периода, пока пациент находится в стационаре, тем самым снизив нагрузку на средний медицинский персонал. В проведенном нами ранее исследовании, посвященном изучению траекторий боли после ТЭКС, в котором НПВП применяли парентерально, абсолютные величины и динамика среднего, минимального и максимального уровней боли в течение дня (в покое и при движениях), а также количество часов умеренной/сильной боли в течение суток даже несколько превышали значения, продемонстрированные при использовании таблетированных форм [14]. Парентеральное введение ненаркотических и наркотических анальгетиков остается востребованным в 1-е сут. после хирургического вмешательства, когда использование пероральных форм может быть затруднено из-за заторможенного или возбужденного состояния пациента [15]. При этом НПВП в сочетании с опиоидными анальгетиками являются моделью мультимодальной анальгезии [16, 17]. Тем не менее, учитывая, что большинству пациентов после ТЭКС прием НПВП может быть необходим до 3 мес. после операции, важным является подбор схемы эффективной пероральной анальгезии еще в период стационарного лечения, так как умеренная/сильная боль, сохраняющаяся к 3-м сут. после вмешательства, является значимым прогностическим фактором риска развития хронического послеоперационного болевого синдрома [18].

Во-вторых, оба сравниваемых препарата (кеторолак в форме диспергируемой таблетки и кетопрофен в таблетированной форме) не показали значимых отличий по переносимости в сопоставимых группах пациентов, у которых лидирующим фактором коморбидности была патология сердечно-сосудистой системы [19]. Зафиксированные нежелательные явления среди пациентов обеих групп не потребовали дополнительной терапии или отмены НПВП и купировались самостоятельно. Учитывая, что пациенты в раннем послеоперационном периоде, кроме НПВП, получают лекарственные средства для профилактики инфекционных и тромбозных осложнений, а также терапии сопутствующих заболеваний, размер проанализи-

рованной выборки недостаточен для выявления корреляционных взаимосвязей между конкретным НПВП и побочным эффектом. Полученные нами данные об относительной эффективности и безопасности НПВП соответствуют выводам системного метаанализа 25 РКИ, посвященного применению НПВП у пациентов после тотальной артропластики коленного и тазобедренного суставов и рекомендациям рабочей группы PROSPECT (PROcedure SPECific Postoperative Pain Management), которая представляет собой глобальное сотрудничество хирургов и анестезиологов, формулирующих рекомендации по лечению боли после распространенных операций [20, 21]. Относительно клинически значимых осложнений со стороны желудочно-кишечного тракта, применение НПВП после подобных хирургических вмешательств характеризуется низким риском (0,6%), однако если и развивается, то приводит к существенному удлинению пребывания в стационаре и повышению внутрибольничной смертности [22, 23]. Поэтому перед эндопротезированием крупных суставов конечностей обоснованным является проведение фиброгастроуденоскопии для скрининга пациентов со скрытыми гастропатиями. Таким образом, результаты исследования подтверждают актуальность тезиса, отраженного в отечественных клинических рекомендациях, о возможности эмпирического подхода к выбору НПВП для послеоперационной анальгезии, но с учетом имеющейся у пациента соматической патологии [24].

В-третьих, если у пациента после операции достигнут низкий уровень боли, стабильно сохраняющейся и в периоды двигательной активности, например при ходьбе и занятиях лечебной физкультурой, суточная доза препарата может быть снижена. С одной стороны, это оптимизирует расход лекарственных средств, а с другой — является профилактикой развития нежелательных явлений, для некоторых из которых характерен дозозависимый эффект.

Ограничения исследования

К ограничениям исследования следует отнести неравномерное гендерное и смешанное этническое распределение пациентов в изучаемой выборке, что, хотя и отражает реальную клиническую практику работы НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена, требует взвешенной трактовки полученных результатов. При сложных случаях первичного ТЭКС или ревизионных вмешательствах степень хирургической агрессии, включая продолжительность и кровопотерю, могут отражаться как на уровне послеоперационной боли, так и на эффективности обезболивания, что требует отдельного изучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пероральные формы кеторолака и кетопрофена демонстрируют сопоставимую высокую эффективность при купировании боли после ТЭКС и хорошо переносятся пациентами. К 3–4-м сут. после операции в группе пациентов, получавших кеторолак, на 30% сокращается количество нуждающихся в его четырехкратном приеме, а также

снижается доля больных, добровольно на фоне низкого уровня боли отказывающихся от дополнительного парентерального обезболивания. Таким образом, таблетированные формы НПВП являются адекватной альтернативой парентеральному применению препаратов данной группы в раннем послеоперационном периоде после ТЭКС.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Сараев А.В. — сбор клинического материала, редактирование статьи.

Корнилов Н.Н. — дизайн исследования, анализ литературы, написание и 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. Исследование выполнено при поддержке компании «Dr. Reddy's Laboratories», что не повлияло на его результаты и собственное мнение авторов.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS**Author contribution**

Aleksandr V. Saraev — data collection and processing, the drafting of the article.

Nikolai N. Kornilov — design of the study, the search and analysis of literature sources, the writing and the writing 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. Both research drugs granted by “Dr. Reddy's Laboratories”, but the company was not involved neither in analysis of the study results nor in manuscript preparation.

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Li J.W., Ma Y.S., Xiao L.K. Postoperative Pain Management in Total Knee Arthroplasty. *Orthop Surg.* 2019;11(5):755-761. doi: 10.1111/os.12535.
- Fonkoué L., Behets C., Kouassi J.K., Coyette M., Detrembleur C., Thienpont E. et al. Distribution of sensory nerves supplying the knee joint capsule and implications for genicular blockade and radiofrequency ablation: an anatomical study. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(12):1461-1471. doi: 10.1007/s00276-019-02291-y.
- Elmara R.K., Chugtai M., Khlopas A., Newman J.M., Stearns K.L., Roche M. et al. Anesthesia during total knee replacement. *J Knee Surg.* 2018;31(6):504-513. doi: 10.1055/S-0037-1604152.
- Harrison A.E., Kozarek J.D.B., Yeh J., MacDonald J.H., Ruiz-Pelaez J.G., Barengo N.C. et al. Postoperative outcomes of total knee arthroplasty across varying levels of multimodal pain management protocol adherence. *J Orthop.* 2021;28:26-33. doi: 10.1016/j.jor.2021.10.005.
- Suri P., Morgenroth D.C., Hunter D.J. Epidemiology of osteoarthritis and associated comorbidities. *PM R.* 2012;4(5 Suppl):S10-19. doi: 10.1016/j.pmrj.2012.01.007.
- Haffar A., Fillingham Y.A., Breckenridge L., Gursay D., Lonner J.H. Meloxicam versus Celecoxib for Postoperative Analgesia after Total Knee Arthroplasty: Safety, Efficacy and Cost. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2022;6(4):e22.00032. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-22-00032.
- Laoruengthana A., Rattanaprichavej P., Reosanguanwong K., Chinwatanawongwan B., Chompoonutprapa P., Pongpirul K. A randomized controlled trial comparing the efficacies of ketorolac and parecoxib for early pain management after total knee arthroplasty. *Knee.* 2020;27(6):1708-1714. doi: 10.1016/j.knee.2020.10.005.
- Grifka J., Greimel F., Maderbacher G. Outpatient endoprosthetics in a day hospital. *Orthopedics.* 2022;51(5):380-384. (In German). doi: 10.1007/S00132-022-04242-9.
- Alghadir A.H., Anwer S., Iqbal A., Iqbal Z.A. Test-retest reliability, validity, and minimum detectable change of visual analog, numerical rating, and verbal rating scales for measurement of osteoarthritic knee pain. *J Pain Res.* 2018;11:851-856. doi: 10.2147/JPR.S158847.
- Sangha O., Stucki G., Liang M.H., Fossel A.H., Katz J.N. The Self-Administered Comorbidity Questionnaire: a new method to assess comorbidity for clinical and health services research. *Arthritis Rheum.* 2003;49(2):156-163. doi: 10.1002/art.10993.
- Dawson J., Fitzpatrick R., Murray D., Carr A. Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(1):63-69. doi: 10.1302/0301-620x.80b1.7859.

12. Синецкий А.Д., Билык С.С., Близиуков В.В., Ефимов Н.Н., Коваленко А.Н., Бадмаев А.О. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии анкеты Oxford Knee Score для пациентов с гонартрозом, ожидающих выполнения первичного эндопротезирования. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(2). doi: 10.17513/spno.26312. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26312>.
13. Руководство по первичному эндопротезированию коленного сустава. 2-е изд. Под ред. Т.А. Кулябы, Н.Н. Корнилова, Р.М. Тихилова. Санкт-Петербург: НМИЦ ТО им. Р.П.Вредена; 2022. С. 177-183. Guidelines for primary knee arthroplasty. 2nd ed. Ed by. T.A. Kulyaba, N.N. Kornilov, R.M. Tikhilov. St. Petersburg; 2022. P. 177-183. (In Russian).
14. Kornilov N., Lindberg M.F., Gay C., Saraev A., Kuliaba T., Rosseland L.A. et al. Factors Related to Postoperative Pain Trajectories following Total Knee Arthroplasty: A Longitudinal Study of Patients Admitted to a Russian Orthopaedic Clinic. *Pain Res Treat*. 2016;2016:3710312. doi: 10.1155/2016/3710312.
15. Каратеев А.Е. Насколько оправдано применение инъекционных форм нестероидных противовоспалительных препаратов? *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2020;4(8):518-524. doi: 10.32364/2587-6821-2020-4-8-518-524. Karateev A.E. Justification of the use of non-steroidal anti-inflammatory drugs injectable forms. *Russian Medical Inquiry*. 2020;4(8):518-524. (In Russian). doi: 10.32364/2587-6821-2020-4-8-518-524.
16. Ittichikultol V., Prachanpanich N., Kositchayvat S., Intapan T. Postoperative analgesic efficacy of celecoxib compared with placebo and parecoxib after total hip or knee replacement. *J Med Assoc Thai*. 2010;93(8):937-942.
17. Li J.V., Ma Y.S., Xiao L.K. Postoperative anesthesia for total knee replacement. *Orthop Surg*. 2019;11(5):755-761. doi: 10.1111/os.12535.
18. Zhang Y., Li Z., Su Q., Ge H., Cheng B., Tian M. The duration of postoperative analgesic use after total knee arthroplasty and nomogram for predicting prolonged analgesic use. *Front Surg*. 2022;9:911864. doi: 10.3389/fsurg.2022.911864.
19. Алексеева Л.И., Лиля А.М., Шарапова Е.П., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г., Стребкова Е.А. и др. Многоцентровое проспективное исследование эффективности и безопасности гликозаминогликан-пептидного комплекса в комбинации с диацереином у пациентов с остеоартритом коленных суставов. *Терапия*. 2022;(2):6-18. doi: 10.18565/therapy.2022.2.6-18. Alekseeva L.I., Lila A.M., Sharapova E.P., Taskina E.A., Kashevarova N.G., Strebkova E.A. et al. Multicenter prospective study of the efficacy and safety of the combined use of glycosaminoglycan-peptide complex and diacerein in patients with knee osteoarthritis. *Therapy*. 2022;(2):6-18. (In Russian). doi: 10.18565/therapy.2022.2.6-18.
20. Fillingham Y.A., Hannon C.P., Roberts K.C., Mullen K., Casambre F., Riley C. et al. The Efficacy and Safety of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs in Total Joint Arthroplasty: Systematic Review and Direct Meta-Analysis. *J Arthroplasty*. 2020;35(10):2739-2758. doi: 10.1016/j.arth.2020.05.035.
21. Lavand'homme P.M., Kehlet H., Rawal N., Joshi G.P. Pain management after total knee arthroplasty: PROCEDURE SPECIFIC Postoperative Pain Management recommendations. *Eur J Anaesthesiol*. 2022;39(9):743-757. doi: 10.1097/EJA.0000000000001691.
22. Massaglia J., Yayac M., Star A., Deirmengian G., Courtney P.M., Saxena A. Gastrointestinal Complications Following Total Joint Arthroplasty Are Rare but Have Severe Consequences. *J Arthroplasty*. 2021;36(8):2974-2979. doi: 10.1016/j.arth.2021.03.005.
23. Adenikinho A.S., Feng J.E., Namba K.A., Lutringer T.A., Lajam K.M. Gastrointestinal complications requiring invasive interventions after total joint replacement. *J Arthroplasty*. 2019;34(11):2780-2784. doi: 10.1016/j.arth.2019.06.026.
24. Каратеев А.Е., Насонов Е.Л., Ивашкин В.Т., Мартынов А.И., Яхно Н.И., Арутюнов Г.П. и др. Рациональное использование нестероидных противовоспалительных препаратов. Клинические рекомендации. *Научно-практическая ревматология*. 2018;56 (Прил. 1):1-29. doi: 10.14412/1995-4484-2018-1-29. Karateev A.E., Nasonov E.L., Ivashkin V.T., Martynov A.I., Yakhno N.N., Arutyunov G.P. et al. Rational use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs. Clinical guidelines. *Rheumatology Science and Practice*. 2018;56(Suppl. 1):1-29 (In Russian). doi: 10.14412/1995-4484-2018-1-29.

Сведения об авторах

✉ Сараев Александр Викторович — канд. мед. наук
Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<http://orcid.org/0000-0002-9223-6330>
e-mail: saraev@drkoleno.ru

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук
<http://orcid.org/0000-0001-6905-7900>
e-mail: drkornilov@hotmail.com

Authors' information

✉ Aleksandr V. Saraev — Cand. Sci. (Med.)
Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<http://orcid.org/0000-0002-9223-6330>
e-mail: saraev@drkoleno.ru

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0001-6905-7900>
e-mail: drkornilov@hotmail.com



Оценка биосовместимости новых костнопластических ксеноматериалов, содержащих золедроновую кислоту и ранелат стронция

М.В. Стогов, О.В. Дюрягина, Т.А. Силантьева, И.В. Шипицына, Е.А. Киреева, М.А. Степанов

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

Реферат

Актуальность. Улучшение функциональных характеристик имплантируемых изделий и материалов, используемых в травматологии и ортопедии, является актуальной проблемой.

Цель исследования — изучить биосовместимость модифицированных золедроновой кислотой и ранелатом стронция ксеноматериалов из костного матрикса крупного рогатого скота при их имплантации в полость костного дефекта.

Материал и методы. Исследование выполнено на 24 кроликах-самцах породы советская шиншилла. В полость дефектов бедренной кости имплантировали тестируемые блоки костного матрикса. Животным группы 1 ($n = 8$, группа контроля) имплантировали костный ксеногенный материал «Матрикс остеопластический “Bio-Ost”». Животным группы 2 ($n = 8$) имплантировали костный ксеногенный материал, импрегнированный золедроновой кислотой. Животным группы 3 ($n = 8$) имплантировали костный ксеногенный материал, импрегнированный ранелатом стронция. Для очистки материала и импрегнации в его объем золедроновой кислоты и стронция ранелата использовали технологию сверхкритической флюидной экстракции. Для оценки биосовместимости использовали рентгенологический, патоморфологический, гистологический и лабораторный (гематология и биохимия крови) методы исследования. Срок наблюдения составил 182 дня после имплантации.

Результаты. На 182-е сут. после имплантации площадь новообразованной костной ткани в области моделирования дефекта у животных группы 1 по медиане составила 79%, в группе 2 — 0%, в группе 3 — 67%. В группе 2 к данному сроку максимальную площадь занимала соединительная ткань — 77%. Относительная площадь фрагментов имплантированного материала у животных группы 1 составила 4% по медиане, в группе 2 — 23%, в группе 3 — 15%. У животных всех групп инфицирования и отторжения материала не отмечали. Признаков интоксикации, длительной системной воспалительной реакции не наблюдали. Лабораторные показатели в динамике существенно не изменялись. Во всех группах у одного из животных отмечали разовый рост уровня С-реактивного белка на фоне лейкоцитоза. В группе 1 у двух животных наблюдалась незначительная миграция имплантируемого материала под кожу, у одного развился артрит коленного сустава.

Заключение. Костнопластические материалы на основе ксеноматрикса из костей крупного рогатого скота, насыщенные золедроновой кислотой и стронция ранелатом, имеют приемлемые значения биосовместимости, включая показатели безопасности.

Ключевые слова: костнопластический ксеноматериал, золедроновая кислота, ранелат стронция, костный дефект, биосовместимость.

Для цитирования: Стогов М.В., Дюрягина О.В., Силантьева Т.А., Шипицына И.В., Киреева Е.А., Степанов М.А. Оценка биосовместимости новых костнопластических ксеноматериалов, содержащих золедроновую кислоту и ранелат стронция. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):57-73. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2035>.

✉ Стогов Максим Валерьевич; e-mail: stogo_off@list.ru

Рукопись получена: 20.12.2022. Рукопись одобрена: 09.03.2023. Статья опубликована онлайн: 10.04.2023.

© Стогов М.В., Дюрягина О.В., Силантьева Т.А., Шипицына И.В., Киреева Е.А., Степанов М.А., 2023



Evaluation of Biocompatibility of New Osteoplastic Xenomaterials Containing Zoledronic Acid and Strontium Ranelate

Maksim V. Stogov, Olga V. Dyuryagina, Tamara A. Silant'eva, Irina V. Shipitsyna, Elena A. Kireeva, Mikhail A. Stepanov

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

Abstract

Background. The problem of improving the functional characteristics of implanted devices and materials used in traumatology and orthopedics is a topical issue.

Aim of the study — to study biocompatibility of bovine bone matrix xenomaterials modified by zoledronic acid and strontium ranelate when implanted into the bone defect cavity.

Methods. The study was performed on 24 male rabbits of the Soviet Chinchilla breed. Test blocks of bone matrix were implanted into the cavity of bone defects of the femur. Group 1 animals (n = 8, control group) were implanted with bone xenogenic material (Bio-Ost osteoplastic matrix). Group 2 animals (n = 8) were implanted with bone xenogenic material impregnated with zoledronic acid. Group 3 animals (n = 8) were implanted with bone xenogenic material impregnated with strontium ranelate. Supercritical fluid extraction technology was used to purify the material and impregnate it with zoledronic acid and strontium ranelate. Radiological, pathomorphological, histological and laboratory (hematology and blood biochemistry) diagnostic methods were used to assess biocompatibility. Follow-up period was 182 days after implantation.

Results. It was found out that on the 182nd day after implantation the median area of the newly-formed bone tissue in the defect modeling area in Group 1 was 79%, in Group 2 — 0%, in Group 3 — 67%. In Group 2 the maximum area by this period was filled with connective tissue — 77%. Median relative area of implanted material fragments in Group 1 was 4%, in Group 2 — 23%, in Group 3 — 15%. No infection or material rejection was observed in animals of all groups. There were no signs of intoxication or prolonged systemic inflammatory reaction. Laboratory parameters did not change significantly over time. One animal in each group experienced one-time increase in C-reactive protein level against the background of leukocytosis. Two animals in Group 1 had a slight migration of implanted material under the skin, one animal developed arthritis of the knee joint.

Conclusion. Osteoplastic materials based on bovine bone xenomatrix and filled with zoledronic acid and strontium ranelate have acceptable values of biocompatibility including their safety profile.

Keywords: osteoplastic material, xenograft, zoledronic acid, strontium ranelate, bone defect, biocompatibility.

Cite as: Stogov M.V., Dyuryagina O.V., Silant'eva T.A., Shipitsyna I.V., Kireeva E.A., Stepanov M.A. Evaluation of Biocompatibility of New Osteoplastic Xenomaterials Containing Zoledronic Acid and Strontium Ranelate. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):57-73. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2035>.

✉ Maksim V. Stogov; e-mail: stogo_off@list.ru

Submitted: 20.12.2022. Accepted: 09.03.2023. Published Online: 10.04.2023.

© Stogov M.V., Dyuryagina O.V., Silant'eva T.A., Shipitsyna I.V., Kireeva E.A., Stepanov M.A., 2023

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время задача улучшения биологических и функциональных характеристик имплантируемых изделий и материалов, используемых в травматологии и ортопедии, является достаточно актуальной проблемой [1, 2, 3, 4]. Основным направлением исследований в этом плане является использование материала/изделия не только как матрикса для образования костной ткани, но и как системы доставки дополнительных биологически активных веществ в зону имплантации [5, 6, 7]. При этом наиболее приемлемым носителем является сама костная ткань, причем как аллогенной, так и ксеногенной природы [8, 9, 10]. В этом плане основные направления модификации костного материала направлены на усиление остеоиндуктивного и остеогенного эффектов. Так, костный матрикс импрегнируют: клетками [11, 12], включая богатую тромбоцитами плазму [13]; факторами роста и цитокинами [14, 15, 16]; неколлагеновыми белками [17]; матричной РНК (мРНК) [18, 19]; лекарственными субстанциями, включая антибактериальные препараты [20, 21, 22, 23]. Для улучшения биологических свойств костного материала модифицируют технологии его физической обработки [24]. В последнее время к биорезорбируемым имплантатам стали предъявлять требование сохранять их механические свойства для обеспечения структурной поддержки кости до момента образования полноценного регенерата, что может быть достигнуто путем импрегнации в объем имплантатов веществ, модулирующих резорбтивную активность, в частности золедронатов и ранелата стронция [25, 26, 27]. Определенные перспективы, по нашему мнению, имеет импрегнация этих веществ в ксеногенную кость как наиболее доступную в плане сырья и возможностей ее модификации [28, 29, 30].

Цель исследования — изучить биосовместимость модифицированных золедроновой кислотой и ранелатом стронция ксеноматериалов из костного матрикса крупного рогатого скота при их имплантации в полость костного дефекта.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Исследование выполнено на 24 кроликах-самцах породы советская шиншилла (питомник ПАО «Синтез»), возраст животных от 8 до 16 мес., масса тела от 3,0 до 4,5 кг. Животным моделировали дефект костной ткани размером 4×4×6 мм. В полости дефектов имплантировали тестируемые блоки ксеноматериала (КМ) аналогичного размера.

Животным группы 1 ($n = 8$, группа контроля) имплантировали костный (немодифицированный) ксеногенный материал «Матрикс остеопластический “Bio-Ost”» (РЗН 2015/3086) (сырье — губ-

чатые кости крупного рогатого скота). Животным группы 2 ($n = 8$) имплантировали костный КМ, импрегнированный золедроновой кислотой. Животным группы 3 ($n = 8$) имплантировали костный КМ, импрегнированный ранелатом стронция. Для получения модифицированных КМ использовали костные блоки размером 20×15×5 мм (Bio-Ost), полилактид (Poly[D,L-lactide] IV дл/г, acid-terminated, молекулярная масса 30 кДа), моногидрат золедроновой кислоты (Zoledronic acid monohydrate, Sigma-Aldrich, США) и стронция ранелат (Strontium ranelate, Sigma-Aldrich, США).

Схема импрегнации

Измельченный полилактид массой 1 г (для золедроната) и 0,5 г (для ранелата) растворяли в 20 мл этилового спирта, выдерживали 3 ч. при температуре 60°C. Далее 50 мг золедроновой кислоты растворяли в 10 мл 0,1н раствора NaOH. Ранелат стронция растворяли в 10 мл дистиллированной воды. Растворы субстанций (золедроновая кислота и стронция ранелат) смешивали с раствором полилактида. Далее в полученный раствор погружали блоки (10 штук). Затем раствор с погруженными в него блоками помещали в реактор установки для сверхкритической флюидной экстракции Waters, подавали углекислый газ и доводили параметры среды до $P = 250$ атм, $t = 32^\circ\text{C}$ [31]. После установки в реакторе статического режима блоки выдерживали 30 мин., после чего выключали подачу углекислого газа, давление сбрасывали в течение 30 мин. Вышедшие блоки лиофилизировали и проводили газовую стерилизацию в среде оксида этанола с последующим вакуумированием и аэрацией в течение 2 сут. Материалы получены на базе ООО «МедИнжБио» (Пенза, Россия).

Моделирование дефекта костной ткани дистального метафиза бедренной кости и проксимального метафиза большеберцовой кости

Оперативное вмешательство выполняли под общим обезболиванием (премедикация: р-р димедрола 1% (0,02 мг/кг), р-р атропина сульфата 0,1% (0,02 мг/кг), медитина 1% (0,35 мг/кг), для наркоза: тиопентал натрия 5% (10 мг/кг). Первоначально выполняли оперативный доступ к латеральной поверхности дистального метафиза бедренной кости. Далее стоматологическим бором выполняли выборку костной ткани метафиза, формируя несквозной дефект шириной и длиной по 4 мм и глубиной 6 мм. После этого в полость дефекта помещали имплантат, который устанавливали плотно при помощи легкого вколачивания. Далее послойно, наглухо ушивали операционную рану шовным материалом Vicril 4/0 (Ethicon, США). Оперативный доступ к проксимальному мета-

физику большеберцовой кости осуществляли на медиальной поверхности голени. Формирование дефекта, установку имплантата и ушивание операционной раны выполняли описанным выше способом. Для профилактики развития септических послеоперационных осложнений в день операции выполняли однократное введение антибактериальных препаратов из группы цефалоспоринов (цефазолин в дозе 200 мг) и нестероидного противовоспалительного лекарственного средства (кетопрофен 0,05% 0,5 мл). Обработку операционного шва не проводили.

У каждого животного выполняли 4 имплантации: дистальный метафиз бедренной кости и проксимальный метафиз большеберцовой кости на обеих конечностях.

После окончания операции для профилактики осложнений послеоперационной гипотермии наркотического сна осуществляли обогрев кроликов под инфракрасной лампой в течение 1–3 ч. при температуре 25–28°C на поверхности тела до полного пробуждения животного. Срок плановой эвтаназии — 84-е и 182-е сут. после имплантации. При выборе сроков наблюдения за животными после имплантации руководствовались ГОСТ ISO 10993-6-2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 6. Исследования местного действия после имплантации.

Содержание животных

Животных содержали в виварии исследовательского центра по одному в индивидуальных клетках площадью 0,5 м² с постоянным доступом к корму и воде. В качестве подстилки использовали сено. Кормление осуществлялось по стандартному сбалансированному по питательным веществам рациону, включающему комбикорм для кроликов (ПЗК 90, Богдановичский комбикормовый завод), зерно овса, свежую морковь и сено. Чистая питьевая вода — без ограничений.

Перед поступлением в эксперимент животные проходили карантин в течение 15 дней. В период нахождения животных в карантинном блоке ежедневно контролировали общее состояние кроликов путем осмотра в клетке. Животные с неудовлетворительным общим состоянием были исключены из формирования групп. Животные распределялись по группам случайным отбором.

Каждое животное в группе идентифицировали индивидуальным трехзначным номером. Метод маркировки — татуировка индивидуального трехзначного номера на внутренней поверхности ушной раковины и бирка с аналогичным номером на клетке.

Для оценки биосовместимости, включая безопасность тестируемых материалов, применяли методы прижизненного наблюдения, рентгенологи-

ческий, патологоанатомический, гистологический и лабораторный методы исследования.

Прижизненные наблюдения

Ежедневно отмечали отклонения в общем состоянии кроликов, их поведение в клетке, наличие хромоты. Оценивали прием корма и воды, цвет шерсти и видимые слизистые оболочки. При осмотре зоны имплантации обращали внимание на состояние операционных ран, появление отеков, истечение экссудата, болезненность.

Рентгенологические исследования

Рентгенологические исследования выполняли в день операции, на 14-е, 28-е, 56-е, 84-е, 112-е, 140-е и 182-е сут. наблюдений. Выполняли рентгенографию зон имплантации в передней, аксиальной и латеро-медиальной проекциях на рентгенологическом аппарате TOSHIBA (Rotanode) Model E7239. N: 10G749 (Япония). Сила тока — 2,5–3,2 мА, напряжение — 43–44 кВ, фокусное расстояние 90 см, выдержка автоматическая.

Патологоанатомические исследования

Плановую эвтаназию животных проводили под премедикацией (димедрол 1% — 0,02 мг/кг), рометар 2% (5 мг/кг) путем передозировки барбитуратов. При аутопсии выполняли осмотр внутренних органов, мест имплантации, определяли относительную массу паренхиматозных органов. Проводили макроскопическое исследование зон имплантации.

Гистологические исследования

Метаэпифизы трубчатых костей, включающие область оперативного вмешательства, фиксировали в течение 3 сут. в 10% формалине для гистологии (Labiko, Россия) при pH 6,8–7,4. После кислотной декальцинации в растворе, содержащем 10% концентрированной соляной и 8% концентрированной муравьиной кислот, костные блоки обезжировали в ацетоне и обезвоживали в этиловом спирте восходящей концентрации от 70% до 100%. Декальцинированные образцы заливали в целлоидин-парафин и секционировали на санном микротоме HM-450 (Thermo Fisher, Великобритания). Полученные срезы толщиной до 7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином и трихромом по Массону. Гистологические препараты сканировали в микроскопе Pannoramic Midi II (3DHISTECH Ltd., Венгрия) с объективом план-апохромат ×40 Corr/NA 0,95. Морфологическое исследование цифровых гистологических препаратов, гистоморфометрию клеточных и тканевых компонентов производили с применением программного продукта Pannoramic Viewer (3DHISTECH Ltd., Венгрия).

Гистоморфометрическое исследование выполняли на цифровых препаратах, полученных

с использованием указанного выше аппаратно-программного комплекса для цифровых технологий. На цифровых изображениях гистологических срезов, окрашенных гематоксилином и эозином, гистоморфометрически оценивали клеточный состав и васкуляризацию костного органа в области имплантации. Подсчет количества клеток и сосудов производили в поле зрения $0,01 \text{ мм}^2$ с цифровым объективом $\times 100$. На цифровых изображениях гистологических препаратов, окрашенных трихромом по Масону, с использованием цифрового объектива $\times 20$ определяли процентную долю площадей новообразованного губчатого костного вещества, соединительной ткани и остеопластического материала. Пластинчатую грубоволокнистую костную ткань и ксеногенный костный матрикс идентифицировали на основании особенностей фиброархитектоники, морфологии костных клеток (остеобластов и остеоцитов), признаков остеонекроза. В губчатом костном веществе ложа имплантата определяли процентную долю площади костной ткани трабекул. Анализировали не менее 30 полей зрения для каждого материала на каждом этапе эксперимента. На основе полученных количественных данных определяли степень раздражающего воздействия биodeградируемых материалов по ГОСТ ISO 10993-6-2011.

По четырехбалльной шкале отсутствие какого-либо типа клеток в поле зрения оценивали в 0 баллов, наличие 1–5 клеток (для многоядерных фагоцитов — 1–2) — в 1 балл, 5–10 (для многоядерных фагоцитов — 3–5) — в 2 балла, обильный инфильтрат — в 3 балла, плотное расположение — в 4 балла. Образец считали: нераздражающим (от $\leq 0,0$ до 2,9 баллов), легким раздражителем (от 3,0 до 8,9 баллов), умеренным раздражителем (от 9,0 до 15,0 баллов), тяжелым раздражителем (> 15).

Тканевую реакцию на имплантацию материалов также оценивали по четырехбалльной шкале. Степень неоваскуляризации определяли по количеству капилляров в поле зрения: 1–3, 4–7, широкая и обильная полоса с фибробластными структурами. Интенсивность фиброза оценивали по ширине соединительнотканной прослойки. Подобным образом определяли выраженность жировой инфильтрации, дифференцируя жировые прослойки в соединительной ткани с красным и желтым костным мозгом. Сумму всех показателей в баллах также использовали для расчета раздражающего действия имплантационных материалов.

Итоговым показателем являлся суммарный балл промежуточных результатов оценки клеточной и тканевой реакций на внутрикостную имплантацию образцов. Степень раздражения определяли по суммарной балльной оценке: раз-

дражающее действие (РД) = клеточная реакция (КР) + тканевая реакция (ТР) и по разнице показателей контрольной и опытных групп для соответствующего срока эксперимента (РД Гр1 — РД ГрN 1, 2, 3). При этом отрицательное значение соответствовало нулевой балльной оценке. Образец считали: не раздражающим (от $\leq 0,0$ до 2,9 баллов); легким раздражителем (от 3,0 до 8,9 баллов); умеренным раздражителем (от 9,0 до 15,0 баллов); тяжелым раздражителем (> 15).

Лабораторные исследования

Лабораторные исследования (гематология и биохимия крови) проводили до операции, на 14-е, 30-е, 84-е, 182-е сут. после имплантации. Гематологическое исследование крови включало определение лейкоцитов на автоматическом гематологическом анализаторе ProCyte Dx (IDEXX Lab., США). Биохимическое исследование сыворотки крови включало определение концентраций общего белка, мочевины, С-реактивного белка (СРБ), креатинина, глюкозы, общего кальция, неорганического фосфата. Определяли активность щелочной (ЩФ) и тартратрезистентной (костной) кислот (ТрКФ) фосфатазы, аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ). Активность ферментов, а также концентрацию субстратов в сыворотке крови определяли на автоматическом биохимическом анализаторе Hitachi/VM 902 (Япония), используя наборы реагентов фирмы Vital Diagnostic (Санкт-Петербург, Россия) и Вектор-Бест (Новосибирск, Россия).

Статистический анализ

Результаты количественных признаков представлены в таблицах в виде медианы, 1–3 квартилей (Me; Q1–Q3). Нормальность выборок определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Процедуру статистической оценки значимости отличий показателей внутри исследуемых групп (до/после имплантации) выполняли с применением W-критерия Вилкоксона. Для оценки статистической значимости показателей между группами использовали T-критерий Манна–Уитни. Минимальный уровень значимости (p) принимали равным 0,05. Для расчетов использовали программу анализа данных AtteStat 12.0.5.

Регулирующие стандарты

Исследование выполнено в соответствии с ГОСТ ISO 10993-1-2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 1. Оценка и исследования; ГОСТ ISO 10993-6-2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 6. Исследования местного действия после имплантации; ГОСТ 33215-2014. Руководство

по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур; ГОСТ 33216-2014. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Прижизненное наблюдение

Течение послеоперационного периода у животных всех экспериментальных групп проходило однотипно. После операции общее состояние животных было удовлетворительным. С 1-х по 3-и сут. у животных фиксировали субфебрильную температуру тела в пределах 39,5–39,7°C, аппетит был немного снижен, воду принимали. Слизистые оболочки конъюнктивы глаз и ротовой полости были розовые. В последующие дни температура тела возвращалась в пределы средних значений, аппетит восстанавливался. В течение первых 5–7 сут. в зоне имплантаций отмечали гиперемию кожи и незначительный отек подкожной клетчатки, болезненность при пальпации была умеренная. В дальнейшем признаков воспаления мягких тканей не наблюдали. Заживление операционных ран проходило по первичному натяжению. Животные пользовались конечностями на протяжении всего эксперимента, двигательная и опорная функции были сохранены полностью.

Рентгенологические исследования

Рентгенологически в день операции зоны имплантации у животных всех групп визуализировались хорошо (рис. 1).

На 84-е сут. эксперимента в группе 1 в 50% случаев границы между имплантируемым ма-

териалом и материнской костью были размыты. Ксеноматериал просматривался только в проксимальном метафизе большеберцовой кости. В группе 2 к этому сроку в 90% случаев имплантат хорошо визуализировался, контур дефекта материнской кости хорошо определялся. В группе 3 к этому сроку в 33% случаев материал полностью резорбировался, граница дефекта костной ткани материнской кости отсутствовала.

На 182-е сут. эксперимента в группе 1 были видны следы имплантируемого материала. В группе 2 к этому сроку эксперимента только появлялись первые рентгенологические признаки перестройки КМ. Отмечали уменьшение объема имплантируемого материала, размытие краевой линии костного дефекта, однако высокая плотность имплантата была сохранена. В группе 3 к этому сроку границы дефекта костей не просматривались (рис. 2).

Таким образом, можно отметить, что рентгенологические признаки замещения материала в группах 1 и 3 были сопоставимы и проявлялись к 182-м сут. после имплантации. В группе 2 полного замещения материала к последнему сроку наблюдения не отмечено.

Результаты патологоанатомических исследований

Все животные были подвержены плановой эвтаназии (84-е и 182-е сут. после имплантации). Гибели животных вне плана не зафиксировано. На сроках эвтаназии у животных всех групп при наружном осмотре повреждений кожного покрова и внутренних органов не отмечалось. Относительная масса органов у животных групп 2 и 3 статистически значимо относительно животных группы 1 не отличалась.

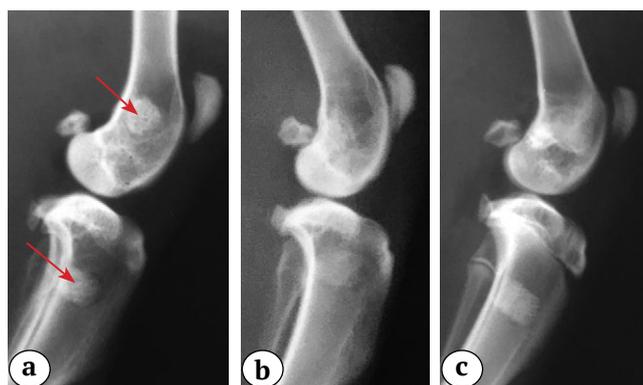


Рис. 1. Рентгенограммы области имплантации в день операции:

a — группа 1 (стрелками обозначена область имплантации); b — группа 2; c — группа 3

Fig. 1. X-rays of the implantation area on the day of the surgery:

a — Group 1 (arrows indicate the implantation area); b — Group 2; c — Group 3



Рис. 2. Рентгенограммы области имплантации, 182-е сут. после имплантации:

a — группа 1; b — группа 2; c — группа 3

Fig. 2. X-rays of the implantation area on the 182nd day after implantation:

a — Group 1; b — Group 2; c — Group 3

В группе 1 на 182-е сут. опыта область имплантации визуализировалась плохо. Граница с материнской костью была сглажена. Поверхность имплантата была покрыта прозрачной, блестящей плотной тканью, сквозь которую просматривалась неравномерная (губчатая) структура имплантата. Свищевых ходов в зоне контакта имплантат-кость не было отмечено.

В группе 2 на 182-е сут. у большинства животных (80%) граница с материнской костью была хорошо видна, поверхность имплантата была мелкобугристая. Имплантат был плотно соединен с материнской костью по всему периметру. На боковой поверхности метафиза бедренной кости наблюдались очаговые объемные хрящевые напластования.

В группе 3 на 182-е сут. у всех животных имплантат был плотно соединен с материнской костью, граница его определялась, поверхность имплантата была шероховатая, частично покрытая хрящевой тканью. Боковая поверхность метафиза бедренной кости была покрыта тонкими хрящевыми напластованиями разлитого характера.

Во всех группах животных область имплантации в метафизе большеберцовой кости была покрыта плотным слоем поверхностной фасции белого цвета. Свищевых ходов, нестабильности в зоне контакта с материнской костью не отмечалось.

Гистологические исследования

Через 84 сут. после имплантации у животных группы 1 активное костеобразование в области моделирования дефекта было отмечено как в пространствах между трабекулами КМ, так и на границе с губчатым костным веществом материнского ложа (рис. 3).

Ксеногенный имплантационный материал проявлял свойство остеокондуктивности, являясь основой для прикрепления остеогенных клеток и формирования ими костного матрикса. В некоторых полях зрения на поверхности костных структур обнаруживались 1–2 прикрепленных либо открепленных остеокласта. Резорбции подвергались как новообразованный костный матрикс, так и трабекулы КМ. Промежутки между фрагментами ксеноматрикса и костными трабекулами заполняла хорошо васкуляризованная рыхлая волокнистая соединительная ткань. В ее клеточном составе присутствовали фибробластоподобные клетки, моноциты, макрофаги. Элементы клеточного воспаления были представлены гранулоцитами эозинофильного ряда. Лимфоциты встречались в единичных полях зрения, плазматические клетки, нейтрофильные гранулоциты, некротизированные клетки практически отсутствовали. Губчатое костное вещество ложа имплантата было

представлено редкой сетью пластинчатых костных трабекул с жировым костным мозгом в межтрабекулярных промежутках. Поверхность трабекул покрывали покоящиеся клетки, резорбция остеокластами не наблюдалась.

В группе 2 фиброзная прослойка отделяла имплантат от границы костного дефекта. Трабекулы КМ определялись в окружении обширных полей слабо васкуляризованной рыхлой неоформленной соединительной ткани. В ее клеточном составе обнаруживались фибробластоподобные клетки, моноциты, большое количество эозинофильных гранулоцитов. Лимфоциты, плазматические клетки, нейтрофильные гранулоциты, некротизированные клеточные элементы были единичными. Остеогенез наблюдался лишь аппозиционно на поверхности трабекул материнского костного ложа. Резорбция остеопластического материала, как и трабекул губчатого костного вещества, зафиксирована не была.

В группе 3 активное костеобразование отмечалось по периферии костного дефекта и в губчатом костном веществе ложа трансплантата. В межтрабекулярных пространствах новообразованного костного вещества определялся красный костный мозг с включением адипоцитов. Трабекулы КМ окружали прослойки васкуляризованной рыхлой неоформленной соединительной ткани с высокой клеточной плотностью. В составе соединительной ткани преобладали фибробластоподобные клетки и элементы моноцитарно-макрофагального ряда. Лимфоциты, плазматические клетки, полиморфноядерные лейкоциты, включая эозинофилы, некротизированные клеточные элементы присутствовали в незначительном количестве. В центральной части имплантата обнаруживались отдельные новообразованные грубоволокнистые трабекулы, частично контактирующие с трабекулярной сетью имплантата. Имплантационный материал резорбировался остеокластами, в отдельных полях зрения наблюдали до 3–5 прикрепленных, но чаще открепленных многоядерных фагоцитов.

Через 182 сут. после имплантации в группе 1 отмечали органотипическое восстановление губчатого костного вещества в области моделирования дефекта с сохранением микроочагов фиброза и неоостеогенеза. В очагах фиброза отмечалось повышенное содержание эозинофилов. Имплантационный материал подвергался биодеградации, замещаясь губчатым веществом с редкой сетью пластинчатых костных трабекул и красным либо желтым костным мозгом межтрабекулярных пространств. Новообразованные костные трабекулы включали микрофрагменты КМ. Область имплантации окружал желтый костный мозг с редкими гипопластичными костными трабекулами без признаков ремоделирования.

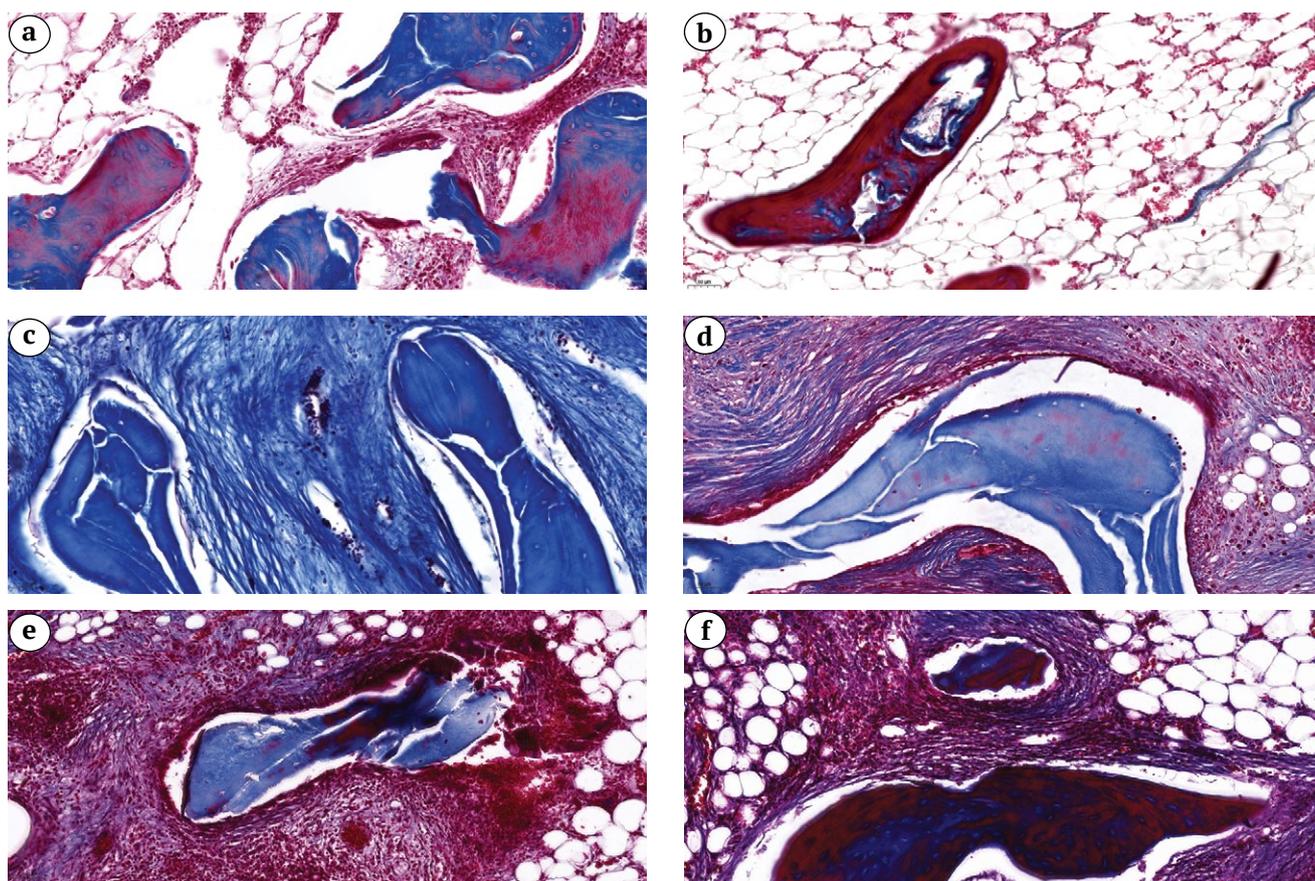


Рис. 3. Гистоструктура области имплантации ксеноматериалов на границе с костным ложем. Срок после имплантации 84-е сут. (столбец слева) и 182-е сут. (столбец справа). Группа 1 — ксеноматериал частично резорбирован, окружен узкой полосой фиброзной ткани (а) и губчатым костным веществом (b). Группа 2 — ксеноматериал инкапсулирован фиброзной тканью, признаки костеобразования и резорбции не выражены (с, d). Группа 3 — трабекулы ксеноматериала окружены широкими тяжами фиброзной ткани, на 84-е сут. преобладает слабая резорбтивная активность (е), на 182-е сут. — остеокондукция, неоостеогенез (f). Парафиновые срезы, окраска трихромом по методу Массона. Ув. $\times 20$. Масштабный отрезок 50 мкм

Fig. 3. Histostructure of the area of xenomaterial implantation on the border with the bone bed. Day 84 (left column) and day 182 (right column) after implantation. Group 1 — xenomaterial is partially resorbed and surrounded by a narrow band of fibrous tissue (a) and cancellous bone substance (b). Group 2 — xenomaterial is encapsulated by fibrous tissue, signs of bone formation and resorption are not pronounced (c, d). Group 3 — xenomaterial trabeculae are surrounded by wide fibrous tissue bands, weak resorptive activity prevails on the 84th day (e), osteoconduction, neoosteogenesis — on the 182nd day (f). Paraffin sections. Masson's trichrome stain. Mag. $\times 20$. Scale bar = 50 μm

В группе 2 область имплантации была заполнена слабо васкуляризированной волокнистой соединительной тканью, полностью окружающей структурные элементы КМ, без признаков остеогенной активности. Резорбция КМ многоядерными фагоцитами не наблюдалась. Сохранялась интенсивная эозинофильная инфильтрация области дефекта. На границе с областью имплантации отмечали уплотнение трабекулярной сети костного ложа. В ее межтрабекулярных промежутках располагался желтый костный мозг с многочисленными очагами кроветворения. Остеокластно-остеобластное ремоделирование пластинчатых костных трабекул не было отмечено.

В группе 3 область моделирования костного дефекта заполняли губчатое костное вещество и тяжи хорошо васкуляризированной соединительной ткани, инкапсулирующие фрагменты КМ. В клеточном составе соединительной ткани преобладали фибробластоподобные клетки, моноциты, макрофаги. Клетки лейкоцитарного и лимфоидного ряда, некротизированные клетки практически не определялись. Наблюдали плотные контакты фрагментов КМ и отдельных костных трабекул без интеграции имплантационного материала в состав костного матрикса. На поверхности фрагментов КМ сохранялись многочисленные лакуны резорбции, однако прикрепленные остеокласты

были редкой находкой. Массивные новообразованные костные трабекулы на границе с губчатым веществом костного ложа были выстланы активными остеобластами. На их поверхности обнаруживались немногочисленные резорбционные лакуны и прикрепленные остеокласты.

Описанные явления были статистически подтверждены результатами гистоморфометрического исследования (табл. 1). Было выявлено достоверное преобладание остеобластов/остеоцитов и капилляров в зоне имплантации у животных группы 1 на 84-е сут. и группы 3 — на 182-е сут. эксперимента. Остеокласты преобладали в группе 3 на 84-е сут. эксперимента. Фибробласты/фиброциты и моноциты/макрофаги в значительной степени присутствовали в зоне имплантации у животных группы 3. Элементы клеточного воспаления были представлены исключительно эозинофильными гранулоцитами и стабильно присутствовали в тканях области имплантации животных группы 2. В группе 3 тканевая эозинофилия была полностью подавлена.

Анализ количественного соотношения площади тканевых компонентов и структурных элемен-

тов КМ в области имплантации также выявил статистически значимые различия между группами (табл. 2). Площадь новообразованной костной ткани в области моделирования дефекта у животных групп 1 и 3 существенно возрастала к 182-м сут. после имплантации (до 70%), тогда как в группе 2 к данному сроку максимальную площадь занимала соединительная ткань (значимо превышая аналогичные показатели группы 1 и 3). Относительная площадь фрагментов КМ на гистологических препаратах на 182-е сут. имплантации была максимальна у животных группы 2, минимальна — у животных группы 1.

Оценка плотности губчатого костного вещества ложа имплантата путем определения общей доли костной ткани трабекул показала, что импрегнация материалов как золедроновой кислоты, так и ранелата стронция многократно увеличивала значение данного показателя. Проявление данного эффекта было статистически значимым как на 84-е, так и на 182-е сут. эксперимента и более выраженным — в группе с применением золедроновой кислоты (табл. 3).

Таблица 1

Численность клеток и сосудов в области имплантации (площадь поля зрения 0,01 мм²), медиана (Q1–Q3)

Параметр оценки	84-е сут. имплантации			182-е сут. имплантации		
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Остеобласты/остеоциты	6 (4–8)	0 (0–0)	0 (0–1)	1 (0–1)*	0 (0–0)	2 (1–3)*
Фибробласты/фиброциты	23 (19–31)	23 (19–26)	41 (34–52)	15 (14–16)*	20 (18–22)*	29 (27–31)*
Остеокласты	0 (0–1)	0 (0–0)	1 (0–1)	0 (0–0)*	0 (0–0)	0 (0–0)*
Моноциты/макрофаги	12 (9–14)	8 (7–9)	21 (17–24)	5 (4–6)*	5 (4–6)*	13 (12–14)*
Эозинофилы	7 (6–10)	11 (9–12)	0 (0–0)	7 (5–9)	11 (9–13)	0 (0–0)
Капилляры	2 (2,0–2,5)	1 (0–1)	1 (1–2)	2 (1–2)*	2 (1–2)	5 (4–6)*

* — статистически значимые различия по сравнению со сроком 84-е сут. при $p < 0,05$.

Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия с группой 1 при $p < 0,05$.

Таблица 2

Доля площади тканевых компонентов и ксеноматериала в области моделирования дефекта, медиана (Q1–Q3), %

Компонент	84-е сут. имплантации			182-е сут. имплантации		
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Губчатое костное вещество	14 (14–14)	0 (0–0)	27 (25–31)	79 (56–73)*	0 (0–0)	67 (57–65)*
Соединительная ткань	73 (72–74)	73 (71–75)	53 (48–63)	17 (15–19)*	77 (75–78)*	23 (19–28)*
Ксеноматериал	13 (12–14)	27 (24–29)	15 (12–20)	4 (2–5)*	23 (22–25)*	15 (12–17)

* — статистически значимые различия по сравнению со сроком 84-е сут. при $p < 0,05$.

Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия с группой 1 при $p < 0,05$.

Таблица 3

Доля площади костной ткани трабекул в губчатом костном веществе ложа имплантата, медиана (Q1–Q3), %

84-е сут. имплантации			182-е сут. имплантации		
Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 1	Группа 2	Группа 3
5 (3–14)	36 (38–44)	17 (8–25)	3 (0–14)	26 (14–33)*	15 (7–28)

* – статистически значимые различия по сравнению со сроком 84-е сут. при $p < 0,05$.
 Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия с группой 1 при $p < 0,05$.

Показатель клеточной реакции в группе 2 на 182-е сут. после имплантации был значимо выше относительно значений групп 1 и 3 (табл. 4). Показатель тканевой реакции был наиболее высоким в группе 2 на всем протяжении эксперимента. Анализ суммарной балльной оценки раздражающего действия изученных материалов показал, что на 84-е сут. после имплантации КМ проявлял свойства умеренного раздражителя,

однако его действие ослабевало к 182-м сут. эксперимента для всех групп. При этом импрегнация золедроновой кислотой значимо усиливала раздражающее действие КМ на всем протяжении эксперимента. Комбинация с ранелатом стронция, напротив, значимо снижала раздражающее действие КМ, переводя его в категорию легких раздражителей к 182-м сут. эксперимента.

Таблица 4

Оценка раздражающего воздействия имплантационного материала, медиана (Q1–Q3), баллы по ГОСТ ISO 10993-6-2011

Параметр	84-е сут. имплантации			182-е сут. имплантации		
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 1	Группа 2	Группа 3
<i>Реакция клеток</i>						
Эозинофилы	2 (2–2)	3 (2–3)	0 (0–0)	2 (2–2)	3 (2–3)	0 (0–0)
Лимфоциты	1 (0–1)	1 (0–1)	1 (0–1)	1 (0–1)	1 (0–1)	1 (0–1)
Прочие лейкоциты (полиморфноядерные гранулоциты, плазматические клетки)	0 (0–1)	0 (0–1)	0 (0–1)	0 (0–1)	0 (0–1)	0 (0–1)
Моноциты/макрофаги	3 (2–3)	2 (2–2)	3 (2–3)	1 (1–2)	2 (2–2)	3 (2–3)
Многоядерные фагоциты	0 (0–1)	0 (0–0)	0 (0–1)	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (1–0)
Некроз	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)	0 (0–0)
<i>Реакция тканей</i>						
Неоваскуляризация	1 (1–1)	1 (0–1)	1 (1–1)	1 (1–1)	1 (1–1)	1 (1–1)
Фиброз	2 (2–2)	4 (4–4)	1 (1–1)	1 (0–1)	3 (3–3)	0 (1–0)
Жировой инфильтрат	0 (1–0)	0 (0–0)	0 (1–0)	0 (1–0)	0 (0–0)	0 (1–0)
<i>Показатели раздражающего действия</i>						
Клеточная реакция ($\Sigma \times 2$)	12 (12–14)	12 (10–12)	8 (6–8)	8 (8–8)*	12 (10–12)	8 (6–8)*
Тканевая реакция	3 (2–3)	5 (5–5)	2 (2–3)	2 (1–2)*	4 (4–4)	1 (1–1)*
Раздражающее действие (клеточная реакция + тканевая реакция)	15 (15–17)	17 (15–17)	10 (9–10)	10 (9–10)*	16 (14–16)	9 (7–9)*
РД Гр1-РД ГрN 1, 2, 3	0	2	-5	0	6	-1

* – статистически значимые различия по сравнению со сроком 84-е сут. при $p < 0,05$.
 Полужирным шрифтом выделены статистически значимые различия с группой 1 при $p < 0,05$.

Лабораторные исследования

Статистически значимое повышение уровня лейкоцитов относительно дооперационных значений отмечалось на 14-е сут. эксперимента у животных группы 3 (табл. 5).

Снижение уровня эритроцитов относительно дооперационных значений на 14-е сут. эксперимента отмечалось у животных всех групп. У животных группы 2 отмечен значимый рост уровня СРБ на 30-е сут. эксперимента. Обнаружено снижение активности ЩФ на отдельных сроках эксперимента у животных группы 2 относительно дооперационных значений и показателей группы 1. Активность ТрКФ на отдельных сроках эксперимента у кроликов группы 2 была ниже, чем в группе контроля. Статистически значимых изменений концентраций общего кальция, неорганического фосфата, общего белка, креатинина и мочевины, а также активности трансаминаз в сыворотке крови животных всех групп на сроках эксперимента не отмечалось.

Таким образом, в лабораторных показателях крови кроликов в ходе исследования не было выявлено значимых сдвигов, характер которых бы указывал на длительное неблагоприятное воздействие препаратов, используемых для насыщения костных блоков.

Сводные данные о нежелательных явлениях, отмеченных в ходе эксперимента, представлены в таблице 6. У двух животных группы 1 наблюдалась незначительная миграция под кожу в области имплантации в метафиз бедра по одному образцу имплантируемого материала. Миграция произошла из-за того, что имплантат был изготовлен меньшего размера, чем сформированный дефект, что не позволило ему плотно зафиксироваться в кости. У одного кролика развился артрит коленного сустава. Во всех группах у одного из животных отмечали рост СРБ на фоне лейкоцитоза на 14–30-е сут. после имплантации.

Таблица 5

Лабораторные показатели кроликов на разных сроках после имплантации, медиана (Q1–Q3)

Показатель	Группа	До операции	14 сут.	30 сут.	84 сут.	182 сут.
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	1	7,7 (7,1–8,0)	7,8 (7,4–7,9)	7,4 (6,8–7,8)	7,6 (6,9–9,3)	7,1 (6,6–7,4)
	2	7,6 (7,2–9,3)	8,2 (7,9–8,3)	7,0 (6,6–7,4)	8,2 (8,1–9,5)	7,0 (5,8–8,1)
	3	7,6 (6,6–8,4)	10,6* (9,9–12,9)	8,9 (8,2–11,6)	8,8 (8,0–10,4)	7,0 (6,9–8,0)
Эритроциты, 10 ¹² /л	1	6,4 (6,1–6,9)	5,7* (5,3–6,0)	6,6 (6,1–6,7)	6,6 (6,3–7,0)	6,8 (6,4–6,9)
	2	6,4 (5,6–6,8)	5,6* (4,7–6,0)	6,0 (5,9–6,3)	6,5 (5,4–6,9)	6,4 (6,1–7,1)
	3	6,1 (4,8–6,9)	5,4* (5,9–6,3)	6,9 (6,1–7,0)	6,3 (6,0–6,9)	6,7 (6,3–7,0)
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	1	379 (303–465)	509 (476–542)	446 (425–497)	438 (392–461)	387(370–448)
	2	397 (326–466)	464 (388–490)	464 (388–490)	308 (290–410)	369 (346–471)
	3	343 (330–393)	410 (389–435)	464 (408–490)	390 (360–470)	359 (316–400)
СРБ, мг/л	1	0,0 (0,0–0,9)	0,0 (0,0–2,4)	0,4 (0,0–2,5)	0,0 (0,0–1,9)	0,0 (0,0–1,0)
	2	0,0 (0,0–0,2)	0,9 (0,0–5,8)	3,6 (2,1–4,6)*	0,0 (0,0–0,2)	0,0 (0,0–0,0)
	3	0,0 (0,0–0,8)	0,0 (0,0–0,3)	0,0 (0,0–0,8)	0,0 (0,0–1,0)	0,0 (0,0–0,0)
ЩФ, Е/л	1	55 (43–67)	55 (50–57)	40 (37–49)	41 (33–48)	53 (50–57)
	2	57 (49–68)	36 (22–48)*	24 (20–34)*	31 (23–39)*	65 (55–71)
	3	62 (50–68)	67 (55–75)	57 (41–68)	50 (39–58)	59 (53–62)
ТрКФ, Е/л	1	26 (23–27)	23 (22–25)	23 (21–25)	20 (17–25)	18 (16–19)*
	2	26 (22–28)	14 (11–18)*	12 (9–14)*	13 (11–19)*	14 (11–17)*
	3	27 (24–30)	27 (24–29)	27 (22–29)	25,8±3,6	21 (20–21)*

* — статистически значимые различия по сравнению с дооперационным уровнем при $p < 0,05$.
 Полу жирным шрифтом выделены статистически значимые различия с группой 1 при $p < 0,05$.

Таблица 6

Нежелательные явления у кроликов всех групп, число наблюдений

Нежелательное явление	Группа 1 (n = 8)	Группа 2 (n = 8)	Группа 3 (n = 8)
Миграция имплантата под кожу	2 2/32*	0	0
Артрит коленного сустава	1	0	0
Рост СРБ и лейкоцитоз	1	1	1
Всего	4 (50%)	1 (13%)	1 (13%)

* — относительно числа имплантаций.

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполненных нами исследований по оценке биосовместимости костнопластических КМ, содержащих в своем объеме фармакологические субстанции, включая рентгенологические, патологоанатомические, гистологические и лабораторные исследования, обнаружено, что биосовместимость всех тестируемых материалов можно оценить как приемлемую: не наблюдалось иммунологического отторжения ксеногенного материала с участием лимфоцитов, а также цитотоксических эффектов. При этом материалы, содержащие золедроновую кислоту и ранелат стронция, показали лучшую фиксацию в дефекте; для них, в отличие от контроля, не было зафиксировано миграции имплантата. Аналогичная особенность отмечена ранее и для алломатериалов, содержащих золедроновую кислоту [32].

Тканевой и клеточный состав области имплантации ксеногенного костного матрикса, импрегнированного антирезорбтивными препаратами, был различным и значимо отличался от контроля. Имплантат костной ткани не был полностью иммунологически нейтральным, оказывая местное умеренно раздражающее действие, выражающееся в слабой эозинофилии и моноцитарно-макрофагальной инфильтрации соединительной ткани в межтрабекулярных промежутках остеопластического материала. Данная реакция обусловлена типичным иммунологическим ответом на ксено-трансплантацию и является залогом как выработки толерантности, так и успешного приживления инородного материала [33].

Импрегнация золедроновой кислотой оказывала пролонгированное антирезорбтивное воздействие как на сам ксеногенный костный матрикс, так и на губчатое костное вещество ложа трансплантата, что привело к увеличению их трабекулярной плотности в сравнении с контролем. Аналогичный эффект обнаруживали ранее при обработке костных аллотрансплантатов и титановых имплантатов золедроновой кислотой. Вместе с тем способность золедроновой кислоты влиять

на остеогенный потенциал в области имплантации, по всей видимости, является дозозависимой и на сегодняшний день дискуссионной [34, 35].

Золедроновая кислота также усиливала местное раздражающее действие ксеногенного матрикса, выражающееся в повышенной эозинофилии и фиброзировании области трансплантации. Согласно полученным ранее данным, подобный эффект мог быть следствием приобретения макрофагами фенотипа M1 под влиянием золедроновой кислоты [36], что привело к дисбалансу поляризации макрофагов между провоспалительным (M1) и противовоспалительным (M2) фенотипами, а в результате — к активизации регуляторной функции эозинофилов и локальному фиброзу.

Известно, что отличительным свойством ранелата стронция при системном и локальном применении является не только ингибирование костной резорбции, но и стимуляция остеогенеза [37]. Поэтому импрегнация ксеногенного костного матрикса ранелатом стронция ожидаемо повышала долю новообразованной костной ткани в области трансплантации и плотность трабекулярной сети костного ложа. Снижение значений показателя раздражающего действия имплантационного материала в данной группе экспериментов можно связать с изученным ранее влиянием ранелата стронция на поляризацию макрофагов в направлении противовоспалительного фенотипа M2. Однако присутствие ранелата стронция в области трансплантации также приводило к дисбалансу фенотипов макрофагов M1 и M2, что могло индуцировать умеренный фиброз в области имплантации [38].

Вследствие указанных причин восстановление органотипического строения костного дефекта с деградацией и перестройкой имплантированного в него материала с полным замещением дефекта происходило в разных группах с различной скоростью. Как золедроновая кислота, так и ранелат стронция проявили способность повышать плотность губчатого костного вещества материнского ложа трансплантата, более выраженную при

использовании золедроновой кислоты. Однако костный матрикс, импрегнированный ранелатом стронция, на момент окончания эксперимента не показал статистически значимого изменения скорости резорбции относительно контрольного материала (чистый матрикс), а материал с золедроновой кислотой продемонстрировал замедление резорбции трансплантата и замещение его костной тканью.

Последнее наблюдение нужно оценивать в контексте описанного опыта клинического применения костнопластических материалов. Так, в работе Y. Fillingham и J. Jacobs указывается, что непосредственный контакт трансплантата с принимающей костью, а также наличие механической нагрузки на него являются необходимым условием для успешного функционирования костных трансплантатов [39]. Поэтому требования к костным имплантатам в части сохранения биомеханических свойств в целях структурной поддержки кости является важной его характеристикой, но являющейся обратной стороной требованиям к скорости его биорезорбируемости. В этом плане некоторые исследования показывают, например, что в клинической практике неудачи при использовании алломатериалов вызваны быстрой и полной деградацией материала [40]. В этом направлении имеется целая серия исследований, в которых золедронаты используются в качестве модификаторов, препятствующих избыточной резорбции костнопластического материала, содержащего стимуляторы остеогенеза (как правило, это факторы роста) [41, 42].

В целом же экспериментальные исследования показывают, что антиостеорезорбтивные свойства золедронатов могут найти свое применение для улучшения остеоинтеграции имплантируемых изделий и материалов (как металлических, так и природных) [43, 44]. Область клинического применения костнопластических материалов, содержащих золедронаты, обозначены в ранней работе M. Sørensen с соавторами, в которой отмечено, что такой материал может быть полезным для обеспечения ранней стабильности эндопротезов при ревизионном эндопротезировании без какого-либо неблагоприятного влияния на формирование кости [34]. Кроме того, повышенная устойчивость костнопластических материалов к резорбции может быть использована в случаях замещения крупных дефектов, когда требуется сохранение биомеханических характеристик имплантируемого матрикса трансплантата более длительное время [45].

Дополнительным моментом при анализе времени резорбции материалов может быть и тот факт, что, как показывает опыт клинического при-

менения алломатериалов, аллотрансплантаты могут сохраняться и полностью не резорбироваться спустя много лет после трансплантации [46].

Безопасность и переносимость изученных материалов, согласно полученным нами данным, также можно оценить как приемлемую. В частности, обнаружено, что имплантация всех материалов не вызывала у животных признаков отторжения, интоксикации (как локальной, так и системной), длительной системной воспалительной реакций в течение всего срока наблюдения, хотя отдельный раздражающий местный эффект наблюдался до 182-х сут. после имплантации материала, импрегнированного золедроновой кислотой. Также не наблюдалось инфицирования материала и иных серьезных нежелательных реакций на тестируемые материалы. Данное наблюдение говорит о положительном моменте, т.к. в других исследованиях применимость КМ ограничена повышенным иммунным ответом на его имплантацию [47].

В целом же, как показывает наше исследование и имеющийся литературный материал, перспективы применения модифицированного золедроната костнопластического ксеногенного материала присутствуют. Такое расширение свойств костнопластических материалов может быть вполне оправдано, т.к. увеличивает возможности выбора материала хирургом [48].

Импрегнирование стронция ранелата в материал не вызвало значимых отличий по сравнению с контролем, что можно связать с его низкой биодоступностью из ксеноматрикса. В этом плане, возможно, нам удалось бы обнаружить эффекты применения стронция ранелата в случае более длительного срока наблюдения после имплантации. Однако имеющиеся литературные данные демонстрируют, что приемлемая биодоступность стронция ранелата достигается при его имплантации в матрицу из искусственных материалов [25, 49].

В целом КМ, импрегнированные ранелатом стронция и золедроновой кислотой, можно рекомендовать к замещению костных дефектов, расположенных вне полости суставов. Ввиду более длительной перестройки их можно также использовать для замещения дефектов костной ткани сегментов, несущих высокую опорную нагрузку.

Ограничения исследования

Ограничением данного исследования является размер выборок экспериментальных животных, однако полученные результаты могут быть использованы в части выработки показаний к применению костнопластических материалов, импрегнированных изученными субстанциями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Костнопластические материалы на основе ксеноматрикса из костей крупного рогатого скота, насыщенные золедроновой кислотой и стронцием ранелатом, имеют приемлемые значения биосовместимости, включая показатели безопасности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Стогов М.В. — концепция или дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация результатов исследования, написание текста статьи.

Дюрягина О.В. — концепция или дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация результатов исследования.

Силантьева Т.А. — концепция или дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация результатов исследования, критическое редактирование текста статьи.

Шипицына И.В. — концепция или дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация результатов исследования, критическое редактирование текста статьи.

Киреева Е.А. — концепция или дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация результатов исследования, критическое редактирование текста статьи.

Степанов М.А. — концепция или дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация результатов исследования, критическое 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. Исследование выполнено в рамках государственного задания по науке исследовательского центра.

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

Этическая экспертиза. Исследование выполнено 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. На проведение исследования получено одобрение локального комитета по этике ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» (протокол № 2 (57) от 17.05.2018).

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

Учитывая обнаруженные биологические характеристики разработанных материалов, считаем возможным их дальнейшее применение в случаях замещения крупных дефектов кости и ревизионного эндопротезирования.

DISCLAIMERS

Author contribution

Stogov M.V. — concept or design of the study, collection and processing of a material, the interpretation of the data, the drafting of the manuscript.

Dyuryagina O.V. — concept or design of the study, collection and processing of a material, the interpretation of the data.

Silant'eva T.A. — concept or design of the study, collection and processing of a material, the interpretation of the data, the drafting of the manuscript.

Shipitsyna I.V. — concept or design of the study, collection and processing of a material, the interpretation of the data, critical revision of the manuscript.

Kireeva E.A. — concept or design of the study, collection and processing of a material, the interpretation of the data, critical revision of the manuscript.

Stepanov M.A. — concept or design of the study, collection and processing of a material, the interpretation of the data, critical revision of 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. State budgetary funding.

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

Ethics approval. The study was conducted in compliance with the principles of humane treatment of laboratory animals in accordance with the requirements of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experiments and other Scientific Purposes and Directive 2010/63/EU of the European Parliament and the Council of the European Union of September 22, 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. The study was approved by the local ethics committee of National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedic, protocol No 2 (57), 17.05.2018.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Хлусов И.А., Порохова Е.Д., Комарова Е.Г., Казанцева Е.А., Шаркеев Ю.П., Юрова К.А. и др. Скаффолды – носители лекарственных средств и биологических молекул для биоинженерии костной ткани. *Цитология*. 2022;64(3):183-207. doi: 10.31857/S0041377122030051. Khlusov I.A., Porokhova E.D., Komarova E.G., Kazantseva E.A., Sharkeev Yu.P., Yurova K.A. et al. Scaffolds as carriers of drugs and biomolecules for bone tissue bioengineering. *Tsitologiya*. 2022;64(3):183-207. (In Russian). doi: 10.31857/S0041377122030051.
2. Ghimire A., Song J. Anti-periprosthetic infection strategies: from implant surface topographical engineering to smart drug-releasing coatings. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2021;13(18):20921-20937. doi: 10.1021/acsmami.1c01389.
3. He M., Huang Y., Xu H., Feng G., Liu L., Li Y. et al. Modification of polyetheretherketone implants: From enhancing bone integration to enabling multi-modal therapeutics. *Acta Biomater*. 2021;129:18-32. doi: 10.1016/j.actbio.2021.05.009.
4. Lohberger B., Eck N., Glaenger D., Kaltenegger H., Leithner A. Surface modifications of titanium aluminium vanadium improve biocompatibility and osteogenic differentiation potential. *Materials (Basel)*. 2021;14(6):1574. doi: 10.3390/ma14061574.
5. Borchering K., Schmidmaier G., Hofmann G.O., Wildemann B. The rationale behind implant coatings to promote osteointegration, bone healing or regeneration. *Injury*. 2021;52 Suppl 2:S106-S111. doi: 10.1016/j.injury.2020.11.050.
6. Hasan A., Byambaa B., Morshed M., Cheikh M.I., Shakoor R.A., Mustafy T. et al. Advances in osteobiologic materials for bone substitutes. *J Tissue Eng Regen Med*. 2018;12(6):1448-1468. doi: 10.1002/term.2677.
7. Martin V., Bettencourt A. Bone regeneration: Biomaterials as local delivery systems with improved osteoinductive properties. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2018;82:363-371. doi: 10.1016/j.msec.2017.04.038.
8. Стогов М.В., Смоленцев Д.В., Киреева Е.А. Костные ксеноматериалы в травматологии и ортопедии (аналитический обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(1):181-189. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-181-189. Stogov M.V., Smolentsev D.V., Kireeva E.A. Xenografts in Trauma and Orthopaedics (Analytical Review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(1):181-189. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-181-189.
9. Amirazad H., Dadashpour M., Zarghami N. Application of decellularized bone matrix as a bioscaffold in bone tissue engineering. *J Biol Eng*. 2022;16(1):1. doi: 10.1186/s13036-021-00282-5.
10. Zhang H., Yang L., Yang X.G., Wang F., Feng J.T., Hua K.C. et al. Demineralized bone matrix carriers and their clinical applications: an overview. *Orthop Surg*. 2019;11(5):725-737. doi: 10.1111/os.12509.
11. Liu K.F., Chen R.F., Li Y.T., Lin Y.N., Hsieh D.J., Periasamy S. et al. Supercritical carbon dioxide decellularized bone matrix seeded with adipose-derived mesenchymal stem cells accelerated bone regeneration. *Biomedicines*. 2021;9(12):1825. doi: 10.3390/biomedicines9121825.
12. Mattioli-Belmonte M., Montemurro F., Licini C., Iezzi I., Dicarolo M., Cerqueni G. et al. Cell-Free demineralized bone matrix for mesenchymal stem cells survival and colonization. *Materials (Basel)*. 2019;12(9):1360. doi: 10.3390/ma12091360.
13. Nie W., Wang Z., Cao J., Wang W., Guo Y., Zhang C. et al. Preliminary outcomes of the combination of demineralized bone matrix and platelet Rich plasma in the treatment of long bone non-unions. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):951. doi: 10.1186/s12891-021-04840-2.
14. Jin Y.Z., Zheng G.B., Lee J.H., Han S.H. Comparison of demineralized bone matrix and hydroxyapatite as carriers of Escherichia coli recombinant human BMP-2. *Biomater Res*. 2021;25(1):25. doi: 10.1186/s40824-021-00225-7.
15. He L.H., Zhang Z.Y., Zhang X., Xiao E., Liu M., Zhang Y. Osteoclasts may contribute bone substitute materials remodeling and bone formation in bone augmentation. *Med Hypotheses*. 2020;135:109438. doi: 10.1016/j.mehy.2019.109438.
16. Zhu H., Blahnová V.H., Perale G., Xiao J., Betge F., Boniolo F. et al. Xeno-Hybrid bone graft releasing biomimetic proteins promotes osteogenic differentiation of hMSCs. *Front Cell Dev Biol*. 2020;8:619111. doi: 10.3389/fcell.2020.619111.
17. Carvalho M.S., Cabral J.M.S., da Silva C.L., Vashishth D. Bone matrix non-collagenous proteins in tissue engineering: creating new bone by mimicking the extracellular matrix. *Polymers (Basel)*. 2021;13(7):1095. doi: 10.3390/polym13071095.
18. Leng Q., Liang Z., Lv Y. Demineralized bone matrix scaffold modified with mRNA derived from osteogenically pre-differentiated MSCs improves bone repair. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2021;119:111601. doi: 10.1016/j.msec.2020.111601.
19. Rajendran A.K., Amirthalingam S., Hwang N.S. A brief review of mRNA therapeutics and delivery for bone tissue engineering. *RSC Adv*. 2022;12(15):8889-8900. doi: 10.1039/d2ra00713d.
20. Стогов М.В., Дюрягина О.В., Силантьева Т.А., Киреева Е.А., Шипицына И.В., Степанов М.А. Доклиническая оценка эффективности и безопасности нового костнопластического материала ксеногенного происхождения, содержащего в своем объеме ванкомицин и меропенем. *Гений ортопедии*. 2022;28(4):565-573. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-4-565-573. Stogov M.V., Dyuryagina O.V., Silanteva T.A., Kireeva E.A., Shipitsina I.V., Stepanov M.A. Preclinical evaluation of the efficacy and safety of a new osteoplastic material of xenogenic origin containing vancomycin or meropenem. *Orthopaedic Genius*. 2022;28(4):565-573. (In Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-4-565-573.
21. Cho H., Bucciarelli A., Kim W., Jeong Y., Kim N., Jung J. et al. Natural sources and applications of demineralized bone matrix in the field of bone and cartilage tissue engineering. *Adv Exp Med Biol*. 2020;1249:3-14. doi: 10.1007/978-981-15-3258-0_1.
22. Govoni M., Lamparelli E.P., Ciardulli M.C., Santoro A., Oliviero A., Palazzo I. et al. Demineralized bone matrix paste formulated with biomimetic PLGA microcarriers for the vancomycin hydrochloride controlled delivery: Release profile, cytotoxicity and efficacy against S. aureus. *Int J Pharm*. 2020;582:119322. doi: 10.1016/j.ijpharm.2020.119322.

23. Zwolak P., Farei-Campagna J., Jentsch T., von Rechenberg B., Werner C.M. Local effect of zoledronic acid on new bone formation in posterolateral spinal fusion with demineralized bone matrix in a murine model. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(1):13-18. doi: 10.1007/s00402-017-2818-4.
24. Parmaksiz M., Lalegül-Ülker Ö., Vurat M.T., Elçin A.E., Elçin Y.M. Magneto-sensitive decellularized bone matrix with or without low frequency-pulsed electromagnetic field exposure for the healing of a critical-size bone defect. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2021;124:112065. doi: 10.1016/j.msec.2021.112065.
25. Ferrández-Montero A., Eguiluz A., Vazquez E., Guerrero J.D., Gonzalez Z., Sanchez-Herencia A.J. et al. Controlled SrR Delivery by the Incorporation of Mg Particles on Biodegradable PLA-Based Composites. *Polymers (Basel).* 2021;13(7):1061. doi: 10.3390/polym13071061.
26. Küçüktürkmen B., Öz U.C., Toptaş M., Devrim B., Saka O.M., Bilgili H. et al. Development of zoledronic acid containing biomaterials for enhanced guided bone regeneration. *J Pharm Sci.* 2021;110(9):3200-3207. doi: 10.1016/j.xphs.2021.05.002.
27. Raina D.B., Qayoom I., Larsson D., Zheng M.H., Kumar A., Isaksson H. et al. Guided tissue engineering for healing of cancellous and cortical bone using a combination of biomaterial based scaffolding and local bone active molecule delivery. *Biomaterials.* 2019;188:38-49. doi: 10.1016/j.biomaterials.2018.10.004.
28. Патшина М.В., Ворошилин Р.А., Осинцев А.М. Анализ мирового рынка биоматериалов с целью определения потенциальных возможностей сырья животного происхождения. *Техника и технология пищевых производств.* 2021;51(2):270-289. doi: 10.21603/2074-9414-2021-2-270-289. Patshina M.V., Voroshilin R.A., Osintsev A.M. Global biomaterials market: potential opportunities for raw materials of animal origin. *Food processing: techniques and technology.* 2021;51(2):270-289. (In Russian). doi: 10.21603/2074-9414-2021-2-270-289.
29. Bracey D.N., Jinnah A.H., Willey J.S., Seyler T.M., Hutchinson I.D., Whitlock P.W. et al. Investigating the osteoinductive potential of a decellularized xenograft bone substitute. *Cells Tissues Organs.* 2019;207(2):97-113. doi: 10.1159/000503280.
30. Jinnah A.H., Whitlock P., Willey J.S., Danelson K., Kerr B.A., Hassan O.A. et al. Improved osseointegration using porcine xenograft compared to demineralized bone matrix for the treatment of critical defects in a small animal model. *Xenotransplantation.* 2021;28(2):e12662. doi: 10.1111/xen.12662.
31. Эрхова Л.В., Панов Ю.М., Гаврюшенко Н.С., Зайцев В.В., Лукина Ю.С., Смоленцев Д.В. и др. Сверхкритическая обработка ксеногенного костного матрикса в процессе изготовления имплантатов для остеосинтеза. *Сверхкритические флюиды: теория и практика.* 2019;14(4):42-48. doi: 10.34984/SCFTP.2019.14.4.006. Erkhova L.V., Panov Yu.M., Gavryushenko N.S., Zaitsev V.V., Lukina Yu.S., Smolentsev D.V. et al. Supercritical Treatment of Xenogenic Bone Matrix in the Process of Manufacture of Implants for Osteosynthesis. *Supercritical Fluids: Theory and Practice.* 2019;14(4):42-48. (In Russian). doi: 10.34984/SCFTP.2019.14.4.006.
32. Baas J., Vestermark M., Jensen T., Bechtold J., Soballe K., Jakobsen T. Topical bisphosphonate augments fixation of bone-grafted hydroxyapatite coated implants, BMP-2 causes resorption-based decrease in bone. *Bone.* 2017;97:76-82. doi: 10.1016/j.bone.2017.01.007.
33. Onyema O.O., Guo Y., Hata A., Kreisel D., Gelman A.E., Jacobsen E.A. et al. Deciphering the role of eosinophils in solid organ transplantation. *Am J Transplant.* 2020;20(4):924-930. doi: 10.1111/ajt.15660.
34. Sørensen M., Barckman J., Bechtold J.E., Søballe K., Baas J. Preclinical evaluation of zoledronate to maintain bone allograft and improve implant fixation in revision joint replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(20):1862-1868. doi: 10.2106/JBJS.L.00641.
35. Quarterman J.C., Phruttiwanichakun P., Fredericks D.C., Salem A.K. Zoledronic Acid Implant Coating Results in Local Medullary Bone Growth. *Mol Pharm.* 2022;19(12):4654-4664. doi: 10.1021/acs.molpharmaceut.2c00644.
36. Weber M., Homm A., Müller S., Frey S., Amann K., Ries J. et al. Zoledronate causes a systemic shift of macrophage polarization towards M1 in vivo. *Int J Mol Sci.* 2021;22(3):1323. doi: 10.3390/ijms22031323.
37. Borciani G., Ciapetti G., Vitale-Brovarone C., Baldini N. Strontium functionalization of biomaterials for bone tissue engineering purposes: a biological point of view. *Materials (Basel).* 2022;15(5):1724. doi: 10.3390/ma15051724.
38. You J., Zhang Y., Zhou Y. Strontium functionalized in biomaterials for bone tissue engineering: a prominent role in osteoimmunomodulation. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:928799. doi: 10.3389/fbioe.2022.928799.
39. Fillingham Y., Jacobs J. Bone grafts and their substitutes. *Bone Joint J.* 2016;98-B(1 Suppl A):6-9. doi: 10.1302/0301-620X.98B.36350.
40. Rolvien T., Barbeck M., Wenisch S., Amling M., Krause M. Cellular mechanisms responsible for success and failure of bone substitute materials. *Int J Mol Sci.* 2018;19(10):2893. doi: 10.3390/ijms19102893.
41. Cleemann R., Sorensen M., Bechtold J.E., Soballe K., Baas J. Healing in peri-implant gap with BMP-2 and systemic bisphosphonate is dependent on BMP-2 dose-A canine study. *J Orthop Res.* 2018;36(5):1406-1414. doi: 10.1002/jor.23766.
42. Cleemann R., Sorensen M., West A., Soballe K., Bechtold J.E., Baas J. Augmentation of implant surfaces with BMP-2 in a revision setting: effects of local and systemic bisphosphonate. *Bone Joint Res.* 2021;10(8):488-497. doi: 10.1302/2046-3758.108.BJR-2020-0280.R1.
43. AbuMoussa S., Ruppert D.S., Lindsay C., Dahners L., Weinhold P. Local delivery of a zoledronate solution improves osseointegration of titanium implants in a rat distal femur model. *J Orthop Res.* 2018;36(12):3294-3298. doi: 10.1002/jor.24125.
44. Kellesarian S.V., Subhi A.L., Harthi S., Saleh Binshabaib M., Javed F. Effect of local zoledronate delivery on osseointegration: a systematic review of preclinical studies. *Acta Odontol Scand.* 2017;75(7):530-541. doi: 10.1080/00016357.2017.1350994.
45. Butscheidt S., Moritz M., Gehrke T., Puschel K., Amling M., Hahn M. et al. Incorporation and remodeling of structural allografts in acetabular reconstruction: Multiscale, micro-morphological analysis of 13 pelvic explants. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(16):1406-1415. doi: 10.2106/JBJS.17.01636.
46. Wang W., Yeung K.W.K. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioact Mater.* 2017;2(4):224-247. doi: 10.1016/j.bioactmat.2017.05.007.

47. Sun J., Wang X., Fu C., Wang D., Bi Z. A crucial role of IL-17 in bone resorption during rejection of fresh bone xenotransplantation in rats. *Cell Biochem Biophys.* 2015;71(2):1043-1049. doi: 10.1007/s12013-014-0307-8.
48. Marmor M.T., Matz J., McClellan R.T., Medam R., Miclau T. Use of osteobiologics for fracture management: the when, what, and how. *Injury.* 2021;52 Suppl 2: S35-S43. doi: 10.1016/j.injury.2021.01.030.
49. Chiang C.W., Chen C.H., Manga Y.B., Huang S.C., Chao K.M., Jheng P.R. et al. Facilitated and controlled strontium ranelate delivery using GCS-HA nanocarriers embedded into PEGDA coupled with decortication driven spinal regeneration. *Int J Nanomedicine.* 2021;16:4209-4224. doi: 10.2147/IJN.S274461.

Сведения об авторах

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

Дюрягина Ольга Владимировна — канд. вет. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9974-2204>
 e-mail: diuriagina@mail.ru

Силантьева Тамара Алексеевна — канд. биол. наук
<https://orcid.org/0000-0001-6405-8365>
 e-mail: tsyl@mail.ru

Шипицына Ирина Владимировна — канд. биол. наук
<https://orcid.org/0000-0003-2012-3115>
 e-mail: ivschimik@mail.ru

Киреева Елена Анатольевна — канд. биол. наук
<https://orcid.org/0000-0002-1006-5217>
 e-mail: ea_tkachuk@mail.ru

Степанов Михаил Александрович — канд. вет. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1331-8897>
 e-mail: m-stepanov@mail.ru

Authors' information

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

Olga V. Dyuryagina — Cand. Sci. (Vet.)
<https://orcid.org/0000-0001-9974-2204>
 e-mail: diuriagina@mail.ru

Tamara A. Silant'eva — Cand. Sci. (Biol.)
<https://orcid.org/0000-0001-6405-8365>
 e-mail: tsyl@mail.ru

Irina V. Shipitsyna — Cand. Sci. (Biol.)
<https://orcid.org/0000-0003-2012-3115>
 e-mail: ivschimik@mail.ru

Elena A. Kireeva — Cand. Sci. (Biol.)
<https://orcid.org/0000-0002-1006-5217>
 e-mail: ea_tkachuk@mail.ru

Mikhail A. Stepanov — Cand. Sci. (Vet.)
<https://orcid.org/0000-0003-1331-8897>
 e-mail: m-stepanov@mail.ru

Научная статья
УДК 616.718.51-001.5(470.61)
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-7985>



Анализ региональных особенностей переломов плато большеберцовой кости в Ростовской области

Г.Ш. Голубев¹, С.Г. Андриенко², Р.А. Хади³

¹ ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Ростов-на-Дону, Россия

² ГБУ РО «Городская больница скорой медицинской помощи», г. Ростов-на-Дону, Россия

³ ФГАНУ «Научно-исследовательский институт «Специализированные вычислительные устройства защиты и автоматика»», г. Ростов-на-Дону, Россия

Реферат

Введение. Распространенность переломов плато большеберцовой кости (код 41-А, В ОА/АТО, МКБ-10 S82.1) достигает 51,7 на 100 тыс. населения в год, составляя примерно 1% от переломов других локализаций, и осложняется развитием гонартроза у 25–45% травмированных.

Цель исследования — изучить региональные особенности переломов плато большеберцовой кости: частоту, структуру, исходы.

Материал и методы. Обработана обезличенная выборка из базы данных ТФОМС по кодам МКБ-10 S82.1, Z47.0, M17.2, M17.3 за 2017–2021 гг. Применены принципы и программное обеспечение Data Science.

Результаты. Получены 14 705 записей. Средняя распространенность переломов в области составила 24 на 100 тыс. населения в год. Частота переломов максимальна среди трудоспособных пациентов, соотношение М:Ж = 1,02:1,00. Для гонартроза выявлен сдвиг в возрастную группу старше 60 лет. С 2018 г. наблюдается снижение количества переломов у лиц пожилого и старческого возраста. Госпитализированы 1017 пациентов, у которых выполнено 1752 операции. Доля открытых травм — 1,9%, частота осложнений — 5,3%. Выявлены корреляции умеренной силы между открытыми переломами, осложненным течением, затратами на стационарное лечение ($0,42 > r > 0,3$). Вероятность развития гонартроза в пятилетнем периоде составила 0,0161. Возраст мужчин с развившимся гонартрозом — 51 ± 7 лет, женщин — 60 ± 7 лет. Более молодой возраст возникновения артроза у мужчин, возможно, связан с преобладанием более тяжелых переломов. Средняя стоимость стационарного лечения возросла с 26 533 руб. в 2017 г. до 34 682 руб. в 2021 г. икратно превышает стоимость поликлинического этапа лечения.

Заключение. Переломы S82.1 преобладают у экономически активных мужчин. Снижение доли пострадавших пожилого возраста в 2019–2021 гг., возможно, объясняется уменьшением количества пожилых людей в регионе и особенностями пандемических ограничений. Система ОМС несет наибольшие затраты на этапах оказания стационарной помощи. Целесообразно внести в базы данных классификационные признаки переломов по ОА/ОТА, что позволит точнее планировать и дифференцировать расходы на лечение.

Ключевые слова: переломы плато большеберцовой кости, эпидемиология, осложнения лечения, посттравматический гонартроз, методы Data Science.

Для цитирования: Голубев Г.Ш., Андриенко С.Г., Хади Р.А. Анализ региональных особенностей переломов плато большеберцовой кости в Ростовской области. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):74–87. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7985>.

Голубев Георгий Шотаевич; e-mail: ortho-rostgmu@yandex.ru

Рукопись получена: 06.03.2023. Рукопись одобрена: 12.05.2023. Статья опубликована онлайн: 26.05.2023.

© Голубев Г.Ш., Андриенко С.Г., Хади Р.А., 2023



Analysis of Regional Features of Tibial Plateau Fractures in the Rostov Region

Georgii Sh. Golubev¹, Stanislav G. Andrienko², Roman A. Khadi³

¹ Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

² City Hospital of Emergency Medical Care, Rostov-on-Don, Russia

³ Research Institute "Specialized Computing Protection Devices and Automation", Rostov-on-Don, Russia

Abstract

Background. The prevalence of tibial plateau fractures reaches 51.7 per 100,000 population per year, accounting for approximately 1% of all fractures, and is associated with the development of post-traumatic knee osteoarthritis in 25-45% of cases.

The aim of this study was to investigate the regional features, including frequency, structure, and outcomes, of S82.1 fractures.

Methods. An anonymized sample was obtained from the region's database, covering the period from 2017 to 2021, using the ICD-10 codes S82.1, Z47.0, M17.2, and M17.3. Data Science principles and software were applied for analysis.

Results. A total of 14,705 records were obtained. The average prevalence of tibial plateau fractures in the region was 24 per 100,000 population per year. The frequency of fractures was highest among the working-age population, with a male-to-female ratio of 1.02:1.00. There was a shift in the age group of knee osteoarthritis occurrence to individuals over 60 years old. Since 2018, a decrease in the number of fractures has been observed among elderly individuals. Out of the total sample, 1,017 patients were hospitalized, and 1,752 operations were performed. Open injuries accounted for 1.9% of cases, and the complication rate was 5.3%. Moderate correlations were found between open fractures, complicated course, and inpatient treatment costs ($0.42 > r > 0.3$). The probability of developing knee osteoarthritis within a five-year period was 0.0161. The average age of men with knee osteoarthritis was 51 ± 7 years, while for women, it was 60 ± 7 years. The younger age of osteoarthritis onset in men may be associated with a higher prevalence of severe fractures. The average cost of inpatient treatment increased from 26,533 rubles in 2017 to 34,682 rubles in 2021, significantly exceeding the cost of outpatient treatment.

Conclusion. Tibial plateau fractures (S82.1) predominantly occur among economically active men. The decrease in the proportion of elderly individuals with fractures in the years 2019-2021 may be explained by a decrease in the elderly population in the region and the impact of pandemic-related restrictions. The compulsory health insurance system incurs the highest costs during inpatient care. It is advisable to include classification features of fractures according to the OA/OTA system in databases to facilitate more accurate planning and differentiation of treatment expenses.

Keywords: tibial plateau fractures, prevalence, treatment complications, post-traumatic knee osteoarthritis, Data Science methods.

Cite as: Golubev G.Sh., Andrienko S.G., Khadi R.A. Analysis of Regional Features of Tibial Plateau Fractures in the Rostov Region. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):74-87. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7985>.

✉ Georgii Sh. Golubev; e-mail: ortho-rostgmu@yandex.ru

Submitted: 06.03.2023. Accepted: 12.05.2023. Published Online: 26.05.2023.

© Golubev G.Sh., Andrienko S.G., Khadi R.A., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Переломы плато большеберцовой кости представляют собой сложную проблему из-за возрастающей частоты и тяжести ближайших и отдаленных осложнений. Частота таких переломов колеблется от 17,0 до 51,7 на 100 тыс. населения в год [1, 2, 3], что составляет примерно 1% от всех переломов, достигая 8% у пожилых людей [4, 5]. В 10–54% случаев такие переломы сопровождаются неудовлетворительными результатами лечения, чаще всего нарушением конгруэнтности суставных поверхностей и быстрым прогрессированием посттравматического гонартроза. Стойкая инвалидность является следствием подобных повреждений у 5,9–9,1% пострадавших [6, 7]. В долгосрочной перспективе посттравматический гонартроз развивается у 25–45% пациентов, а вероятность тотального эндопротезирования коленного сустава через 10 лет составляет 3–7%, что увеличивает общие расходы на лечение [8].

Изложенное подтверждает актуальность изучения региональной структуры переломов плато большеберцовой кости. Для планирования работы отделений травматологии и ортопедии представляют интерес частота и популяционные особенности переломов: зависимость от времени года и социальных характеристик населения. Результаты анализа обзоров, посвященных эпидемиологическим характеристикам внутрисуставных повреждений большеберцовой кости в европейских странах, показывают, что вышеназванные зависимости существуют [1, 9, 10, 11]

Цель работы — изучить региональные особенности переломов плато большеберцовой кости в Ростовской области: частоту, структуру, исходы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Информация для анализа получена из баз данных Территориального фонда обязательного медицинского страхования Ростовской области (ТФОМС РО), Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области, справочного портала по здравоохранению и медицине.

Объектом исследований явились внутрисуставные переломы проксимального отдела большеберцовой кости (АО/ОТА 41) [12, 13]. Идентификаторами интересующих групп переломов и их последствий являются коды МКБ-10:

- S82.1 — перелом проксимального отдела большеберцовой кости;
- Z47.0 — удаление пластинки после сращения перелома, а также другого внутреннего фиксирующего устройства;

– M17.2, M17.3 — посттравматический гонартроз двусторонний, другие посттравматические гонартрозы.

Экспорт записей в формате xls за период с 01.01.2017 по 30.12.2021 происходил с фильтрацией по указанным кодам. Получена первичная информация о возрасте, поле, датах обращения за медицинской помощью, видах и количестве проведенных операций, длительности пребывания в стационаре, осложнениях и исходах лечения.

Персональная информация о пациентах из выходных данных исключалась, однако с учетом поставленной задачи отслеживания перемещения пациентов между лечебными учреждениями и территориями в пределах области СНИЛС рассматривался как наиболее удобный признак. С целью соблюдения норм Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» в процессе экспорта данных СНИЛС зашифровывался. Шифрование производилось группировкой записей с одинаковыми значениями СНИЛС и перестановкой цифр по единому случайному для данной группы алгоритму. Таким образом сохранялась возможность отслеживать пациента при недостижимости его идентификации. Новый идентификатор обозначен как PID (Patient ID — идентификатор пациента).

Стоимость лечения определялась по коду стоимости случая в соответствии с тарифом ТФОМС РО*. Сведения о численности населения Ростовской области по муниципальным образованиям получены из открытых источников [14, 15].

Информация обрабатывалась в соответствии с алгоритмами подготовки, принятыми в Data Science [16]:

- сбор данных и выгрузка в формате csv;
- разметка, очистка и классификация;
- генерация признаков и преобразование;
- проверка гипотез на основании анализа данных.

Первичная обработка и классификация информации осуществлялась в Excel Office 365. Подготовленные данные преобразовывались в Pandas DataFrame. Группировка, агрегирование, статистический анализ и графическая визуализация осуществлялись средствами пакетов Python NumPy, Pandas, Matplotlib [17]. Данные в формате csv, описание структуры и Jupiter Notebook для их обработки доступны по адресу: <https://cloud.mail.ru/public/63cg/GXgWu4ZYU>.

Поскольку пациенты могли перемещаться из стационара на амбулаторное лечение, вновь госпитализироваться для лечения осложнений или гонартроза как среднесрочного последствия трав-

* Тарифы на оплату медицинской помощи для ТФОМС других субъектов РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://rostov-tfoms.ru/dokumenty/tarify/tfoms>.

мы, PID использован в качестве идентификатора для отслеживания изменений статуса пациентов. Для поиска случаев развития посттравматического артроза был применен следующий алгоритм:

- пациенты сгруппированы по кодам S82.1 (группа 1) и M17.2 (группа 2);
- методом поиска пересечений множеств PID в группах 1 и 2 получено множество совпадающих кодов;
- записи сгруппированы по PID и кодам МКБ-10, датам обращения за стационарной или амбулаторно-поликлинической помощью;
- интервал между датой госпитализации по поводу перелома и первым обращением с установлением диагноза M17.2 считали периодом развития посттравматического артроза.

Статистический анализ

Для непрерывных переменных вычислялись средние значения и среднеквадратические отклонения (SD). Частоты и проценты использовались для категориальных данных. Проверка соответствия результатов нормальному распределению осуществлялась с использованием теста Колмогорова–Смирнова. Критерий суммы рангов Уилкоксона–Манна–Уитни использовался для сравнения показателей, распределение которых не соответствовало нормальному.

Проанализированы корреляции между различными факторами: возраст, пол, место жительства (городские и сельские муниципальные образования), предоперационные и послеоперационные осложнения, сезонность травм.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Получены 14705 записей. Из дальнейшего анализа были исключены 1610 записей, не имевших идентификатора PID и, следовательно, не удовлетворявших задачам исследования. В выборке за анализируемый период преобладают пациенты, получавшие амбулаторно-поликлиническое лечение и лечение в дневном стационаре (рис. 1).

Ежегодная динамика числа обращений по группам МКБ-10 и количества пациентов приведена в таблице (табл. 1). Из приведенных данных следует, что в посттравматическом периоде пациенты не менее двух раз наблюдались специалистом.

С переломами S82.1 госпитализированы 1017 пациентов. В этой группе незначительно преобладали женщины — Ж:М = 536:481.

Различия в среднем возрасте в группах S82.1 и M17.2 были статистически значимыми ($t = -49$, $df = 14540$; $p < 0,0001$). Между группами S82.1 и Z47.0 статистически значимые отличия в среднем возрасте отсутствовали ($t = 1$, $df = 73$, $p = 0,1$). Во всех группах МКБ-10 средний возраст женщин превышал средний возраст мужчин: S82.1 : Z47.0 : M17.2 = $51,0 \pm 20,0$ (Ж), $39,0 \pm 18,0$ (М): $49,0 \pm 16,0$ (Ж), $34,0 \pm 16,0$ (М): $61,0 \pm 14,0$ (Ж), $54,0 \pm 17,0$ (М). Однако значимые отличия в среднем возрасте выявлены только в группе S82.1 ($t = -29$, $df = 7888$, $p < 2e-16$) и M17.2 ($t = -17$, $df = 3080$, $p < 2e-16$). Распределение пациентов по возрасту в зависимости от принадлежности к группе МКБ показаны рисунке 2.

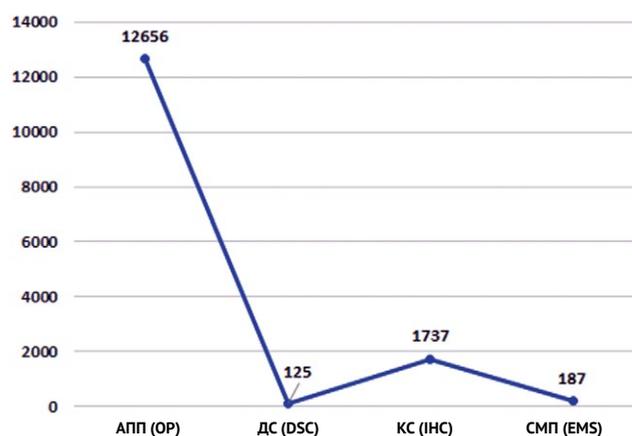
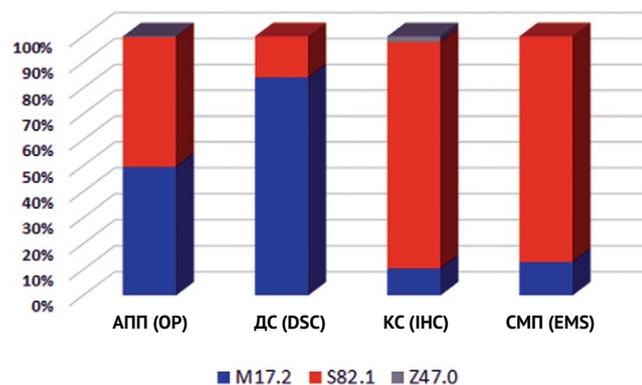


Рис. 1. Распределение пациентов по группам МКБ-10 и видам оказания помощи:

АПП — амбулаторно-поликлиническая помощь; ДС — дневной стационар; КС — круглосуточный стационар; СМП — скорая медицинская помощь

Fig. 1. Distribution of patients by ICD-10 groups and types of medical care:

OP — outpatient care; DSC — day hospital care; IHC — inpatient hospital care; EMS — emergency medical services

Таблица 1

Среднее количество обращений и количество пациентов по группам МКБ-10 в год

Год	M17.2			S82.1			Z47.0			Всего	
	Обращения	Пациенты	Среднее количество обращений	Обращения	Пациенты	Среднее количество обращений	Обращения	Пациенты	Среднее количество обращений	Обращения	Пациенты
2017	1670	1328	1,3	1392	631	2,2	6	3	2,0	3068	1962
2018	1995	1708	1,2	1584	758	2,1	35	29	1,2	3614	2495
2019	1181	958	1,2	1344	607	2,2	20	16	1,3	2545	1581
2020	870	718	1,2	1202	554	2,2	3	3	1,0	2075	1275
2021	573	475	1,2	1215	597	2,0	4	3	1,3	1792	1075
Итого	6289	5187	–	6737	3147	–	68	54	–	13094	8388

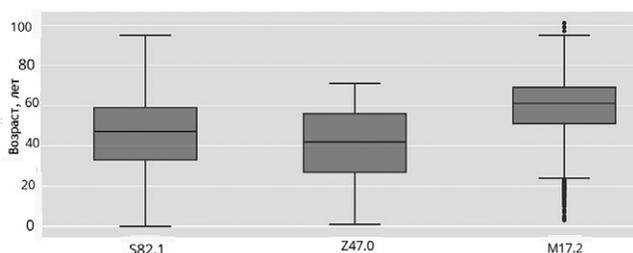
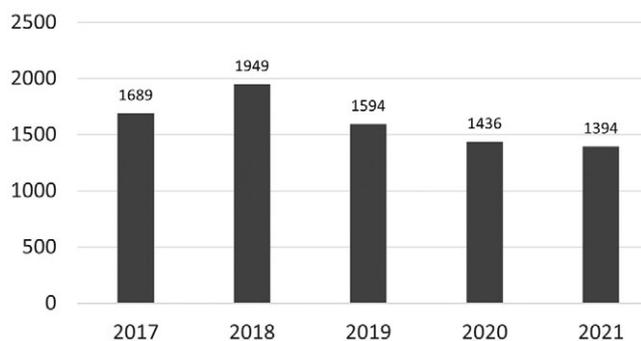


Рис. 2. Распределение пациентов по возрасту и группам МКБ-10

Fig. 2. Distribution of patients by age and ICD-10 groups

Распространенность переломов в области составила 24 на 100 тыс. населения в год с максимальным значением в портовом городе Таганроге (более 100) и минимальным в сельских районах (1,5 на 100 тыс. населения). Распределение обращений пациентов с переломами S82.1 и их последствиями по годам наблюдения приведено на рисунке 3.



Плотность распределения переломов в различных возрастных группах в интервале от 5 до 90 лет (шаг — 5 лет) показана на рисунке 4а. Частоты имеют несколько пиков, приходящихся на активный «спортивный», а также на трудоспособный возрасты. Распределение обратившихся в этот же период для лечения по поводу гонартроза является скошенным в направлении старших возрастных групп (рис. 4б).

Оценка зависимости количества переломов от изменений численности населения области и количества жителей в возрасте старше 60 лет осуществлена нормированием величин годовой численности населения, численности лиц в возрасте старше 60 лет и годового количества лиц пожилого возраста, находившихся на стационарном лечении с переломами S82.1 (рис. 5).

С 2018 г. произошло снижение количества переломов у лиц пожилого и старческого возраста. Скорее всего, такое явление связано с уменьшением общего количества переломов у мужчин и женщин всех возрастов в том же периоде (рис. 6), а также с более жесткими ограничениями для пожилых в связи с пандемией коронавируса.

Анализ плотности распределения переломов S82.1 по месяцам позволяет заключить, что ее увеличение приходится на весенний и летний периоды (рис. 7).

Рис. 3. Число ежегодных обращений по поводу переломов S82.1 и их последствий в Ростовской области

Fig. 3. Annual cases of S82.1 fractures and their consequences in the Rostov region

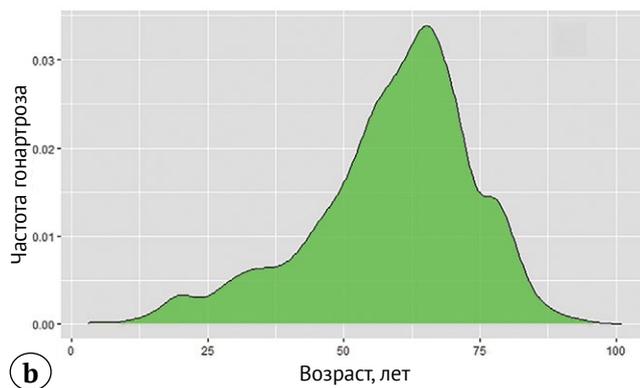
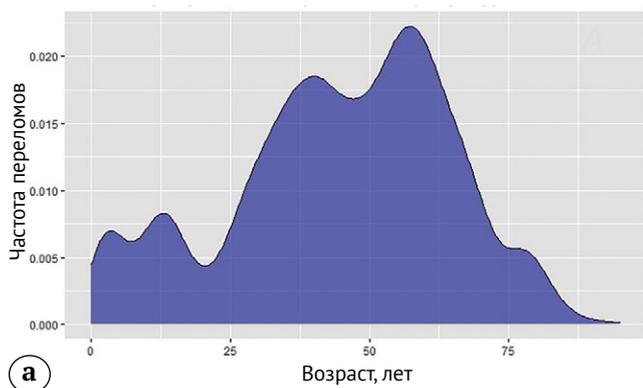


Рис. 4. Плотность распределения пациентов с переломами S82.1 (а) и гонартрозом M17.2 (б) по возрастным группам
Fig. 4. Density distribution of patients with S82.1 fractures (a) and M17.2 osteoarthritis (b) by age groups

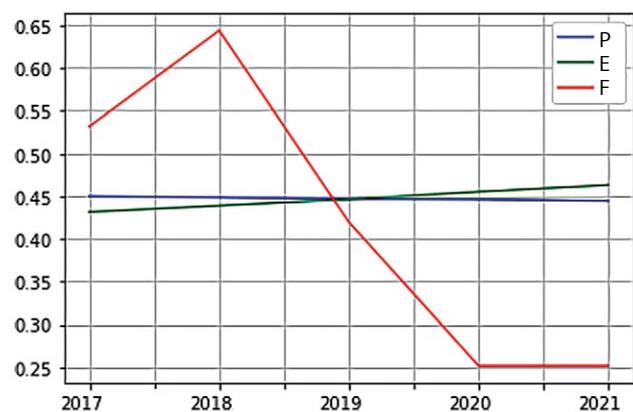


Рис. 5. Нормированные данные:
 P – население; E – количество пожилых;
 F – количество переломов у пожилых

Fig. 5. Normalized data:
 P – population; E – elderly population;
 F – number of fractures in the elderly

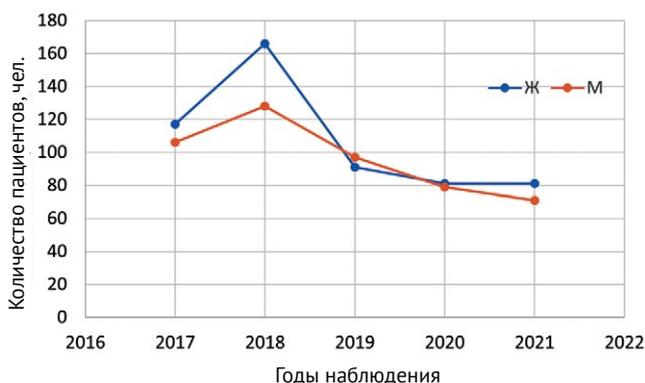


Рис. 6. Распределение переломов S82.1 среди мужчин и женщин в 2017–2021 гг.

Fig. 6. Distribution of S82.1 fractures among men and women in 2017–2021

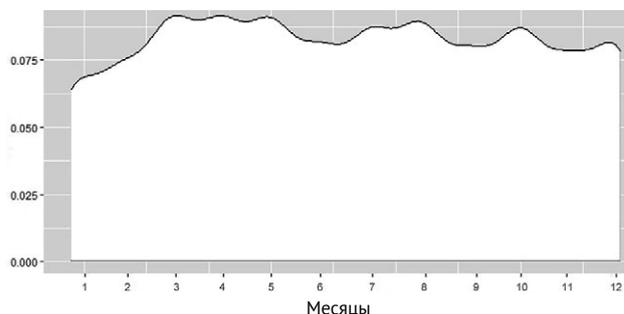


Рис. 7. Плотность распределения случаев госпитализации по МКБ-10 S82.1 по месяцам (2017–2021)

Fig. 7. Monthly distribution of hospitalization cases with ICD-10 S82.1 (2017–2021)

В таблице 2 показано распределение пациентов в зависимости от вида полученной помощи и кода МКБ-10. Очевидно, что доля амбулаторно-поликлинической помощи преобладает во всех группах МКБ-10. Минимальное количество обращений в службу скорой помощи в сельской местности позволяет сделать предположение либо о недостаточной обеспеченности службы в этих регионах, либо о предпочтении пациентов самостоятельно добираться до лечебного учреждения. Косвенным подтверждением этого предположения является пятикратно меньшее количество обращений в СМП в сельской местности по поводу переломов S82.1 (город:сельская местность = 157:30)

Экстренно были госпитализированы 1017 пациентов с переломами, оперированы 748 из них – выполнено 1752 операции. По неотложным и плановым показаниям в интервале 24–72 ч. с момента поступления у большинства пациентов выполнялась предоперационная подготовка скелетным вытяжением с последующим погружным остеосинтезом (рис. 8). Названия операций приведены в соответствии с классификатором*.

* Министерство здравоохранения Российской Федерации. Приказ от 13 октября 2017 г. N 804н «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг» (с изменениями на 24 сентября 2020 г.). 2020. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/542609980>.

Таблица 2

Распределение пациентов по годам, видам помощи и группам МКБ-10

Год	M17.2				S82.1				Z47/0				Итого
	АПП	ДС	КС	СМП	АПП	ДС	КС	СМП	АПП	ДС	КС	СМП	
2017	1677	21	33	4	1309	2	343	35	5	–	2	–	3431
2018	1989	40	72	4	1478	10	426	35	12	–	25	–	4091
2019	1185	24	35	6	1292	4	276	22	9	–	12	–	2865
2020	859	9	18	8	1137	4	262	33	3	–	–	–	2333
2021	552	11	21	2	1144		212	38	4	–	–	–	1984
Всего	6262	105	179	24	6360	20	1519	163	33	0	39	0	14704

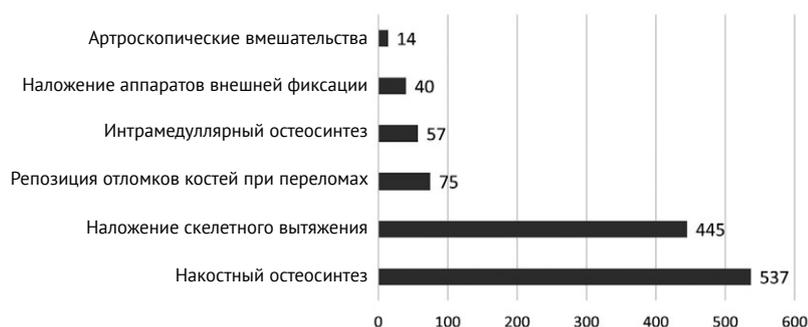


Рис. 8. Наиболее частые оперативные вмешательства, выполнявшиеся по неотложным и плановым показаниям в группе S82.1

Fig. 8. Most frequent surgical interventions performed for emergency and planned indications in the S82.1 group

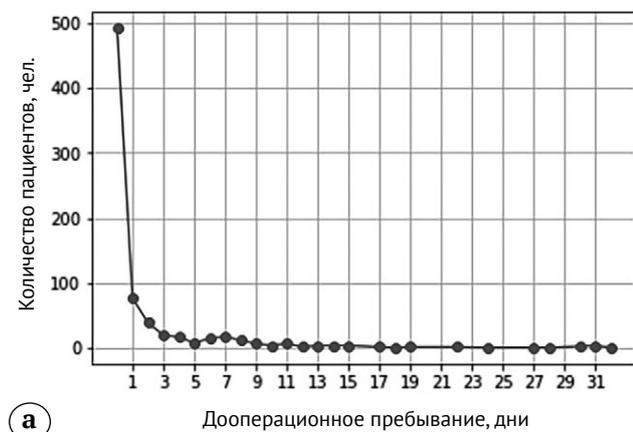
Распределение пациентов с переломами по количеству проведенных у них операций показано на рисунке 9.

Преобладали пациенты с одним-двумя вмешательствами, однако у пациента PID № 20-887-821 469 за период 92-дневной госпитализации проведено 25 операций.

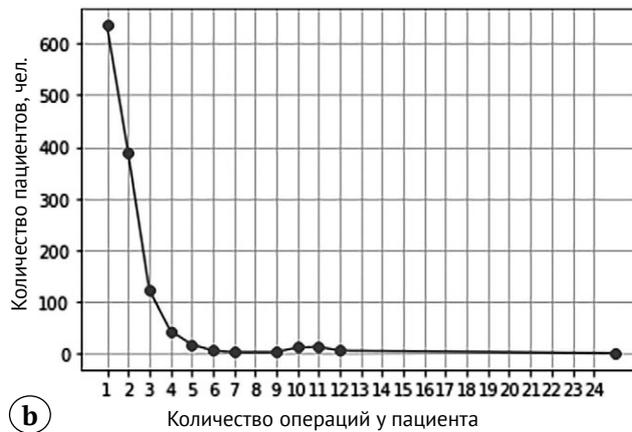
Отсутствие в исходных данных сведений о характере переломов (открытый или закрытый) потребовало выполнить анализ сочетаний опе-

ративных вмешательств у пациентов в первые сутки госпитализации. Количество пострадавших, для которых были указаны действия, характерные для обработки открытых травм, составило 22 (1,9%) среди госпитализированных с кодом S82.1 (табл. 3).

В записях базы данных ТФОМС РО описаны осложнения у четырех пациентов, находившихся на стационарном лечении по поводу переломов проксимального эпиметафиза большеберцо-



а



б

Рис. 9. Распределение пациентов по длительности дооперационного койко-дня (а) и количеству проведенных операций (б)

Fig. 9. Distribution of patients by preoperative hospital stay duration (a) and number of surgeries performed (b)

вой кости. Выделение из когорты пострадавших, у которых в период первой госпитализации было проведено более одной операции, позволило установить, что оперативные вмешательства, обычно выполняемые по поводу осложнений, проведены у 54 человек (табл. 4).

Таким образом, частота осложнений при хирургическом лечении переломов S82.1 оставила 5,3%.

Рассчитаны коэффициенты корреляции между количественными показателями для оценки взаимосвязи факторов, которые могут влиять на исход лечения. Из исходной корреляционной матрицы размерностью 15×15 удалены показатели с величинами коэффициентов менее 0,1 (табл. 5).

Как следует из представленной корреляционной матрицы, большинство факторов не связаны между собой. Сильные корреляции выявлены между:

- стоимостью лечения и фактом проведения оперативного лечения;
- фактом проведения оперативного лечения и оценкой результата лечения при выписке.

Прослеживаются корреляции средней силы между:

- характером перелома (открытый или закрытый) и осложненным течением;
- длительностью пребывания в стационаре и фактом проведения операции.

Таблица 3

Вмешательства, возможные при открытых переломах

Вмешательство	Число пациентов	Код
Хирургическая обработка раны или инфицированной ткани	12	A16.01.004
Ушивание открытой раны (без кожной пересадки)	1	A16.01.009
Открытое лечение перелома (без внутренней фиксации)	1	A16.03.027
Установка дистракционного аппарата	3	A16.03.048
Удаление свободного или инородного тела сустава	3	A16.04.003
Дренирование полости сустава	2	A16.04.048
Всего	22	–

Таблица 4

Количество пациентов, перенесших операции по поводу осложнений

Наименование операции	Число пациентов	Код операции
Некрэктомия	3	A16.01.003
Хирургическая обработка раны или инфицированной ткани	37	A16.01.004
Наложение вторичных швов	1	A16.01.008.001
Вскрытие и дренирование флегмоны (абсцесса)	2	A16.01.012
Фасциотомия	1	A16.02.001.003
Иссечение пораженной кости	1	A16.03.016
Обработка места открытого перелома	3	A16.03.031
Остеонекрэктомия	1	A16.03.058
Краевая резекция кости	3	A16.03.059
Дренирование полости сустава	2	A16.04.048
Всего	54	–

Таблица 5

Корреляции между учетными факторами для переломов S82.1

Параметр	Возраст	Количество операций	Количество койко-дней	Результат при выписке	Пол	Пациент оперирован	Длительность предоперационного койко-дня	Стоимость лечения	Открытый перелом	Осложненное течение
Возраст	1	-0,07	0,02	0,02	0,32	0,04	0,01	-0,04	0,01	0
Количество операций	-0,10	1	0,26	-0,02	-0,10	-0,06	0,14	0,27	-0,08	0,06
Количество койко-дней	0,02	0,26	1	-0,13	-0,10	-0,33	0,22	0,25	-0,03	0,17
Результат при выписке	0,02	-0,02	-0,13	1	0,03	0,79	-0,02	-0,83	-0,12	-0,2
Пол	0,32	-0,06	-0,06	0,03	1	0,05	-0,03	-0,04	0	-0,01
Пациент оперирован	0,04	-0,06	-0,33	0,79	0,05	1	0,09	-0,79	-0,15	-0,25
Длительность предоперационного койко-дня	0,01	0,14	0,22	-0,02	-0	0,09	1	0,07	0,04	-0,03
Стоимость лечения	-0	0,27	0,25	-0,83	-0	-0,79	0,07	1	0,06	0,15
Открытый перелом	0,01	-0,08	-0,03	-0,12	0	-0,15	0,04	0,06	1	0,34
Осложненное течение	0	0,06	0,17	-0,20	-0	-0,25	-0,03	0,15	0,34	1

Сильные корреляционные связи между признаками выделены жирным шрифтом.

Корреляции между иными показателями, приведенными в таблице, слабые или отсутствуют.

Особый интерес представляет вероятность возникновения посттравматического гонартроза у пациентов, перенесших внутрисуставные переломы типа 41. По коду PID идентифицированы 24 пациента, у которых в течение посттравматического периода наблюдения был диагностирован гонартроз. В этой группе было 6 мужчин (средний возраст 51 ± 7 лет) и 18 женщин (средний возраст 60 ± 7 лет). Вероятность обращения пострадавших для лечения артроза в 5-летнем периоде составила 0,0161. Более молодой возраст возникновения артроза у мужчин, возможно, связан с тяжестью травмы, однако отсутствие информации о класси-

фикационных признаках переломов по АО/ОТА и доступа к рентгеновским изображениям не позволяет утверждать это.

Динамика расходов на стационарное лечение пострадавших приведена на рисунке 10. Пиковое значение расходов на лечение одного пациента было в 2019 г.: 121285,71 руб., 92 дня пребывания в стационаре для снятия аппарата внешней фиксации, 13 дней предоперационного пребывания. Видимо, это связано с возникшими осложнениями или коморбидностью, однако уточняющие сведения в базе отсутствуют.

Сравнение годовых расходов региона на лечение переломов S82.1 и гонартроза M17.2 приведено в таблице 6.

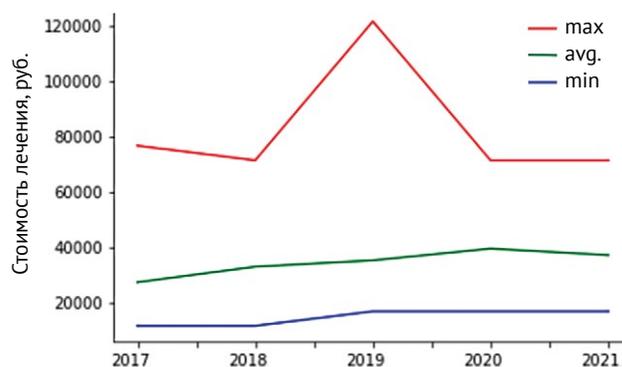


Рис. 10. Годовая динамика расходов на стационарное лечение переломов S82.1: max — максимальная стоимость лечения одного пациента; avg. — средняя стоимость лечения; min — минимальная стоимость лечения

Fig. 10. Annual dynamics of expenses for inpatient treatment of S82.1 fractures: max — maximum treatment cost per patient; avg. — average treatment cost; min — minimum treatment cost

Таблица 6

Ежегодные региональные затраты на лечение переломов S82.1 (стационарное и амбулаторно-поликлиническое) и гонартроза M17, руб.

Год	M17.2	S82.1 стац.	S82.1 АПП	Итого
2017	1 387 610,36	5 916 872,13	375 124,67	7 679 607,16
2018	2 565 307,83	9 505 274,37	462 205,62	12 532 787,82
2019	1 317 467,84	5 844 432,84	537 118,98	7 699 019,66
2020	681 396,62	5 578 510,14	449 114,37	6 709 021,13
2021	718 993,67	5 271 670,17	474 240,06	6 464 903,90
Всего	6 670 776,32	32 116 759,65	2 297 803,70	41 085 339,67

В таблице 6 выделяется 2018 г., когда сумма расходов почти вдвое превысила среднегодовые, что связано с количеством переломов в анализируемом периоде. Относительно небольшие затраты на лечение гонартроза можно объяснить тем, что пациенты обращались в основном за амбулаторно-поликлинической помощью с невысокой стоимостью оплаты визита, не включающей оплату медикаментов.

Сведения об исходах лечения приведены в таблице 7.

Таблица 7

Исходы лечения в зависимости от группы МКБ-10, число случаев

Исход лечения	Код МКБ-10			Всего	
	M17.2	S82.1	Z47.0	Абс.	%
Без перемен	3748	3352	23	7123	54,40
Выздоровление	989	1432	13	2434	18,59
Ремиссия	681	5	–	686	5,24
Улучшение	869	1911	32	2812	21,48
Ухудшение	2	37	–	39	0,30
Итого	6289	6737	68	13094	100,00

ОБСУЖДЕНИЕ

Целью исследования была оценка региональных особенностей распространенности переломов плато большеберцовой кости, оказания помощи, размеров финансовых потерь, вероятности развития посттравматического гонартроза. Предполагалось, что база данных ТФОМС предоставляет репрезентативный набор сведений о частоте и лечении переломов в регионе.

Данные о заболеваемости 24 на 100 тыс. человек в год, полученные в настоящем исследовании, соответствуют интервалам значений от 10,3 на

100 тыс. [2] до 51,7 на 100 тыс. [3] по сведениям регистров европейских стран.

Сильных корреляций между учтенными показателями, кроме стоимости лечения, не выявлено. Объяснением этому является тот факт, что использованный источник ориентирован на оценку затрат, составлен и контролируется финансовыми органами. Особенность базы данных не позволяет анализировать сведения, представляющие интерес для хирурга-травматолога (открытые или закрытые, вид переломов, временные интервалы и характер возникающих осложнений и т.д.).

В ходе выполнения настоящего ретроспективного исследования установлено, что частота переломов МКБ-10 S82.1 имеет тенденцию к снижению. В литературе существуют диаметрально противоположные данные. Ряд европейских публикаций сообщают о росте числа остеопоротических переломов S82.1, которые выявляются благодаря качественным методам визуализации — КТ и МРТ [2, 3, 18]. Такие переломы часто являются минимально смещенными и не обязательно требуют оперативного лечения. Несмотря на то, что в данном исследовании выявлено полимодальное распределение частоты переломов по возрасту с одним из пиков, приходящихся на возраст более 60 лет (см. рис. 4), нет логичного объяснения отмеченному снижению ежегодного количества переломов у пациентов пожилого и старческого возраста.

Меньший наклон кривой снижения частоты переломов получен у мужчин (см. рис. 6). Такой результат сопоставим и согласуется с популяционными исследованиями переломов плато большеберцовой кости [3, 10, 19]. Напротив, в исследовании V. Vestergaard с соавторами показан рост количества переломов S82.1 при сопоставимом с нашими данными о количестве переломов на 100 тыс. населения [20].

Специфический набор данных в базе ТФОМС не позволяет полноценно анализировать причины и типы переломов, объединяемых кодом S82.1.

В публикациях, посвященных особенностям переломов плато большеберцовой кости, подчеркивается, что преобладание типов по АО/ОТА или J. Schatzker с соавторами [12] значительно отличаются в разных странах. В Дании и Бразилии самой распространенной конфигурацией являются переломы 41-B3, вторыми по частоте являются переломы 41-C3 [2]. В Сингапуре наиболее распространенным вариантом переломов был 41-B1, вторым по частоте — перелом 41-B3 [19]. Причем только 50,5% пациентов нуждались в хирургическом вмешательстве, что намного ниже, чем в исследовании R. Elsoe с соавторами, которые указывают, что у 92,1% пациентов проведены различные хирургически вмешательства [2]. В анализированном нами массиве хирургические вмешательства выполнялись у 73,6% пациентов.

В нашем исследовании 1,9% переломов классифицированы как открытые, что ниже, чем в публикациях, где открытые переломы плато большеберцовой кости составляют 9,9–12,8% [21, 22]. Возможно, это связано с неполнотой регистрируемых в базе данных сведений. Бактериальное загрязнение поврежденных тканей сустава определяется как важнейший неизменяемый фактор риска послеоперационных нагноений. Избираемая стратегия лечения переломов с использованием внешней фиксации в большинстве случаев позволяет предотвратить неблагоприятные исходы, включая остеомиелит и последующую ампутацию [23, 24, 25].

В базе ТФОМС РО найдены сведения только о четырех случаях инфекционных осложнений. Однако их истинное количество, выявленное путем анализа видов оперативных вмешательств, проведенных в период госпитализации, оценено в 5,3%, что согласуется с результатами многоцентрового исследования результатов оперативной фиксации переломов плато большеберцовой кости в травматологических центрах 1-го уровня, продемонстрировавшего частоту нагноений в 7,4%. При многофакторном анализе причин послеоперационных осложнений единственным значимым фактором риска авторы назвали чрезмерное, более 14 единиц (420 мл) в неделю, употребление крепкого алкоголя. Другие параметры, такие как курение, сахарный диабет, ожирение и уровень ASA, не оказывали влияния на частоту нагноений [23].

Отсутствие прямых сведений о типе перелома по АО/ОТА или по Schatzker, данных о характере перелома — открытый или закрытый, детальных сведений о причинах осложнений требует поиска дополнительных источников для более точного

анализа и сравнения региональных особенностей переломов с данными других областей и стран. Внесение в базы данных ТФОМС признаков «тип перелома по АО/ОТА», «открытый/закрытый перелом» может повысить их научную и клиническую ценность. Тем не менее, применение технологий Data Science позволяет получать полезную информацию из баз ТФОМС, содержащих много эксклюзивной информации и представляющих ценный источник сведений для анализа.

Расходы системы ОМС Ростовской области на лечение пациентов с переломами S82.1 и их последствиями с 2017 по 2021 г. превысили 34 млн руб. и были связаны преимущественно со стационарным этапом лечения — более 32 млн руб. Средняя стоимость стационарного лечения составила 34289,21 руб., максимальная — 121285.71 руб. Исследование показало, что переломы S82.1 поражают экономически активное население*, преимущественно мужчин. Такие результаты в сочетании с увеличением количества переломов в весенне-летние месяцы могут быть объяснены более высокой подверженностью молодых мужчин дорожно-транспортным происшествиям.

Экономический ущерб не исчерпывается только прямыми затратами на лечение пострадавших. Неоднократные обращения за амбулаторно-поликлинической помощью, возникновение хронического поражения суставов снижают трудоспособность пациентов и увеличивают расходы, связанные с инвалидностью и реабилитационным лечением.

Возникновение посттравматического гонартроза коррелирует с тяжестью разрушения суставных поверхностей, их дисконгруэнтностью, изменением механической оси ноги, посттравматической нестабильностью, перестройкой метаболизма хондроцитов [26, 27, 28]. Оценка частоты гонартроза после переломов плато большеберцовой кости варьирует в долгосрочных наблюдениях от 19,6% у молодых пострадавших [32] до 83% у лиц среднего и пожилого возрастов [29]. Прогрессирование гонартроза также связано с послеоперационными инфекционными осложнениями [28].

Рентгенологические признаки гонартроза в интервале 42–130 мес. были выявлены у 73,34% пациентов, из которых у 56,67% был гонартроз 1-й и 2-й степеней, частота гонартроза 3-й и 4-й степеней составила 11,66% и 5,00% соответственно [30].

В нашем исследовании развитием посттравматического гонартроза считалось обращение пострадавших с регистрацией кода M17.2 в течение

* Классификация статистических данных о составе рабочей силы, экономической активности и статусу в занятости [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gks.ru/bgd/free/b99_10/isswww.exe/stg/d000/i000080r.htm.

периода наблюдения. Вероятность развития артроза составила 0,0161 с соотношением мужчины/женщины = 1/3.

Нет оснований утверждать, что все пациенты, получившие переломы плато большеберцовой кости, обращались для последующего наблюдения. Кроме того, исключение из рассмотрения 525 пациентов с переломами S82.1, не имевших СНИЛС, также могло повлиять на конечные оценки. Возможно, с этим связана низкая расчетная вероятность развития гонартроза, оказавшаяся меньшей, чем в зарубежных многоцентровых исследованиях.

Большинство дегенеративных изменений происходит в первое десятилетие после первоначальной травмы. Вероятность их значительно возрастает с увеличением возраста на момент травмы. Несмотря на гетерогенность факторов, приводящих к прогрессированию гонартроза, переломы плато большеберцовой кости остаются важной причиной заболеваемости. Функциональный исход травмы и возникновение посттравматического гонартроза напрямую связаны с достигнутой конгруэнтностью суставов и анатомическим вы-

равниванием конечностей, а также с предотвращением инфекции области хирургического вмешательства [31, 32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Ростовской области распространенность переломов плато большеберцовой кости составляет 24 на 100 тыс. населения в год. В основном страдают мужчины трудоспособного возраста. Отмечено снижение доли пострадавших пожилого возраста в 2019–2021 гг., объяснением чему могут служить уменьшение количества пожилых в популяции региона и ряд особенностей, связанных с пандемическими ограничениями. Доля открытых переломов составляет 1,9%, инфекция области хирургического вмешательства осложнила посттравматический период у 5,3% пострадавших.

Внутрисуставные переломы плато большеберцовой кости, их лечение в специализированных травматологических центрах должны рассматриваться с точки зрения выбора методов, гарантирующих восстановление конгруэнтности суставной поверхности, а также возможность начала ранних движений в суставе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Голубев Г.Ш. — концепция исследования, проект обработки данных и их графического представления, написание текста статьи.

Андриенко С.Г. — сбор и интерпретация данных, написание и редактирование текста статьи и его критический анализ, утверждение окончательной версии с принятием ответственности за все аспекты публикации.

Хади Р.А. — разработка алгоритмов обработки данных, проектирование и написание кода, 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.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Author contribution

Georgy Sh. Golubev — research concept, drafting of data processing and their graphical representation, text writing.

Stanislav G. Andrienko — data collection and clinical interpretation, text writing.

Roman A. Khadi — development of data processing algorithms and writing of code, drafting the text.

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Yuwen P., Lv H., Chen W., Wang Y., Yu Y., Hao J. et al. Age-, gender- and Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen type-specific clinical characters of adult tibial plateau fractures in eighty three hospitals in China. *Int Orthop*. 2018;42(3):667-672. doi: 10.1007/s00264-018-3769-2.
2. Elsoe R., Larsen P., Nielsen N.P., Swenne J., Rasmussen S., Ostgaard S.E. Population-Based Epidemiology of Tibial Plateau Fractures. *Orthopedics*. 2015;38(9):e780-786. doi: 10.3928/01477447-20150902-55.
3. Wennergren D., Bergdahl C., Ekelund J., Juto H., Sundfeldt M., Möller M. Epidemiology and incidence of tibia fractures in the Swedish Fracture Register. *Injury*. 2018;49(11):2068-2074. doi: 10.1016/j.injury.2018.09.008.
4. Vaquero M., Vaquero J. Nuevos enfoques en las fracturas de meseta tibial. *Rev Esp Traum Lab*. 2020;3(1):53-59. doi: 10.24129/j.retla.03105.fs2005008.
5. Bartolomeo C., Mangupli M.M., Pioli I., Iglesias S., Allende B.L. Functional results and complications of tibial plateau due to high-energy trauma. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol*. 2018;83(4):256-267. (In Spain). doi:10.15417/issn.1852-7434.2018.83.4.688.
6. Кесян Г.А., Арсеньев И.Г., Уразгильдеев Р.З., Берченко Г.Н. Оскольчатые внутрисуставные переломы плато большеберцовой кости. Лечение, профилактика гонартроза. *Кремлёвская медицина*. 2015;(4):62-66.
Kesyana G.A., Arsen'ev I.G., Urazgil'deev R.Z., Berchenko G.N. Comminuted intra-articular fractures of the tibial plateau. Treatment, prevention of gonarthrosis. *Kremlin Medicine Journal*. 2015;(4):62-66. (In Russian).
7. Толедо К.В. Лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела большеберцовой кости (обзор литературы). *Вестник РУДН. Серия: Медицина*. 2016(3):60-69.
Toledo K.V. Treatment of intraarticular fractures of the proximal tibia (review). *RUDN Journal of Medicine*. 2016(3):60-69. (In Russian).
8. Oladeji L.O., Worley J.R., Crist B.D. Age-Related Variances in Patients with Tibial Plateau Fractures. *J Knee Surg*. 2020;33(6):611-615. doi: 10.1055/s-0039-1683893.
9. He Q.F., Sun H., Shu L.Y., Zhan Y., He C.Y., Zhu Y. et al. Tibial plateau fractures in elderly people: an institutional retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):276. doi: 10.1186/s13018-018-0986-8.
10. Lv H., Zhang Q., Chen W., Song Z., Zheng Z., Zhang Y. Epidemiological Study of Tibial Plateau Fractures Combined with Intercondylar Eminence Fractures. *Orthop Surg*. 2020;12(2):561-569. doi: 10.1111/os.12658.
11. Reátiga Aguilar J., Rios X., González Ederly E., De La Rosa A., Arzuza Ortega L. Epidemiological characterization of tibial plateau fractures. *J Orthop Surg Res*. 2022;17(1):106. doi: 10.1186/s13018-022-02988-8.
12. Schatzker J., McBroom R., Bruce D. The tibial plateau fracture. The Toronto experience 1968-1975. *Clin Orthop Relat Res*. 1979;(138):94-104.
13. AO surgery reference. Proximal tibia [Electronic resource]. Available from: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/proximal-tibia> (accessed: 20.05.2022).
14. Численность населения: Ростовская область. Статистика по годам 1991–2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://численность-населения.рф/ростовская-область>.
Population: Rostov region. Statistics for the years 1991-2020 [Electronic resource]. Available from: <https://численность-населения.рф/ростовская-область>.
15. Население Ростовской области на 2021. 2021. Режим доступа: <http://www.statdata.ru/naselenie/rostovskoj-oblasti>.
The population of the Rostov region for 2021. 2021. Available from: <http://www.statdata.ru/naselenie/rostovskoj-oblasti>.
16. Fabio Nelli. Python Data Analytics. 2015. 337 p.
17. Nelli F. Python data analytics: With Pandas, NumPy, and Matplotlib. Apress; 2nd ed. 2018. 588 p.
18. Herteleer M., Van Brandt C., Vandoren C., Nijs S., Hoekstra H. Tibial plateau fractures in Belgium: epidemiology, financial burden and costs curbing strategies. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022;48(5):3643-3650. doi: 10.1007/s00068-020-01525-8.
19. Decruz J., Antony Rex R.P., Khan S.A. Epidemiology of inpatient tibia fractures in Singapore - A single centre experience. *Chin J Traumatol*. 2019;22(2):99-102. doi: 10.1016/j.cjtee.2019.01.004.
20. Vestergaard V., Pedersen A.B., Tengberg P.T., Troelsen A., Schrøder H.M. 20-year trends of distal femoral, patellar, and proximal tibial fractures: a Danish nationwide cohort study of 60,823 patients. *Acta Orthop*. 2020;91(1):109-114. doi: 10.1080/17453674.2019.1698148.
21. Shao J., Chang H., Zhu Y., Chen W., Zheng Z., Zhang H. et al. Incidence and risk factors for surgical site infection after open reduction and internal fixation of tibial plateau fracture: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2017;41:176-182. doi: 10.1016/j.ijssu.2017.03.085.
22. Carredano G.X., Valderrama R.J., Marín S.F., Valderrama S.I., Espinoza L.G. Complicaciones en fracturas de platillos tibiales de alta energía. *Rev Chil Ortop Traumatol*. 2016;57(3):70-75.
23. Chan G., Iliopoulos E., Jain A., Turki M., Trompeter A. Infection after operative fixation of tibia plateau fractures. A risk factor analysis. *Injury*. 2019;50(11):2089-2092. doi: 10.1016/j.injury.2019.06.022.
24. Dubina A.G., Paryavi E., Manson T.T., Allmon C., O'Toole R.V. Surgical site infection in tibial plateau fractures with ipsilateral compartment syndrome. *Injury*. 2017;48(2):495-500. doi: 10.1016/j.injury.2016.10.017.
25. Henkelmann R., Glaab R., Mende M., Ull C., Braun P.J., Katthagen C. et al. Impact of surgical site infection on patients' outcome after fixation of tibial plateau fractures: a retrospective multicenter study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):531. doi: 10.1186/s12891-021-04402-6.
26. Castano Betancourt M.C., Maia C.R., Munhoz M., Morais C.L., Machado E.G. A review of Risk Factors for Post-traumatic hip and knee osteoarthritis following musculoskeletal injuries other than anterior cruciate ligament rupture. *Orthop Rev (Pavia)*. 2022;14(4):38747. doi: 10.52965/001c.38747.
27. Buckwalter J.A., Brown T.D. Joint injury, repair, and remodeling: roles in post-traumatic osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;(423):7-16.
28. Krause M., Alm L., Berninger M., Domnick C., Fehske K., Frosch K.H. et al. "Fracture committee" of the German Knee Society. Bone metabolism is a key factor for clinical outcome of tibial plateau fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020;46(6):1227-1237. doi: 10.1007/s00068-020-01537-4.

29. Snoeker B., Turkiewicz A., Magnusson K., Frobell R., Yu D., Peat G. et al. Risk of knee osteoarthritis after different types of knee injuries in young adults: a population-based cohort study. *Br J Sports Med.* 2020; 54(12):725-730. doi: 10.1136/bjsports-2019-100959.
30. Jagdev S.S., Pathak S., Kanani H., Salunke A. Functional Outcome and Incidence of Osteoarthritis in Operated Tibial Plateau Fractures. *Arch Bone Joint Surg.* 2018;6(6):508-516.
31. Aurich M., Koenig V., Hofmann G. Comminuted intraarticular fractures of the tibial plateau lead to posttraumatic osteoarthritis of the knee: Current treatment review. *Asian J Surg.* 2018;41(2):99-105. doi: 10.1016/j.asjsur.2016.11.011.
32. de Rooij M., van der Leeden M., Heymans M.W., Holla J.F., Häkkinen A., Lems W.F. et al. Prognosis of Pain and Physical Functioning in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2016;68(4):481-492. doi: 10.1002/acr.22693.

Сведения об авторах

✉ Голубев Георгий Шотаевич — д-р мед. наук, профессор
Адрес: Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону,
Нахичеванский пер., д. 29
<https://orcid.org/0000-0002-2328-8073>
e-mail: ortho-rostgmu@yandex.ru

Андриенко Станислав Геннадиевич
<https://orcid.org/0009-0007-7595-1774>
e-mail: stas-andrienko101@yandex.ru

Хади Роман Ахмедович — канд. техн. наук
<https://orcid.org/0000-0002-7271-9837>
e-mail: r.hady@niisva.org

Authors' information

✉ Georgii Sh. Golubev — Dr. Sci. (Med.), Professor
Address: 29, Nakhichevan lane, Rostov-on-Don, 344022,
Russia
<https://orcid.org/0000-0002-2328-8073>
e-mail: ortho-rostgmu@yandex.ru

Stanislav G. Andrienko
<https://orcid.org/0009-0007-7595-1774>
e-mail: stas-andrienko101@yandex.ru

Roman A. Khadi — Cand. Sci. (Tech.)
<https://orcid.org/0000-0002-7271-9837>
e-mail: r.hady@niisva.org



The Effect of Nationwide Lockdown in India on the Epidemiology of Injuries During the First Wave of COVID-19

Balaji Zacharia, Harshitha Hayavadana Udupa, Rahul Chandran, Arun Prakas

Government Medical College, Kozhikode, Kerala, India

Abstract

Background. The pattern of hospital admissions and medical care changed during the COVID pandemic.

The aim of the study – to describe the nature of patients attending the orthopedic emergency department of a level 1 trauma center in terms of number and proportion based on demographic characteristics and the nature of the injury before the lockdown, during the lockdown, and during the unlocking period of the nationwide lockdown for controlling the COVID-19 pandemic in India.

Methods. We conducted a longitudinal study from 01.01.2020 to 31.12.2020. Patients attending the orthopedic emergency were grouped based on cause, type, and site of injury. The median number observed each day with IQR. The distribution of the same was compared between the prelockdown with lockdown period and the lockdown period with a phased unlocking period.

Results. A total of 10513 patients were included. There was a statistically significant reduction in the proportion of patients needing inpatient care between the prelockdown phase and lockdown phase ($p = 0.008$). However, this was not seen between lockdown and postlockdown periods ($p = 0.47$). The proportion of road traffic accidents dropped from 26% to 15% during this time ($p < 0.001$). The proportion of contusions was reduced and that of soft tissue injuries increased ($p < 0.001$). The proportion of lower limb injuries decreased from the prelockdown phase to the lockdown phase, and that of spinal injury patients increased ($p = 0.007$). The proportion of patients with contusions increased and soft tissue injuries decreased during this period ($p < 0.001$). Lower limb injuries and road traffic accidents increased, and spinal injuries were reduced ($p < 0.001$).

Conclusion. The lockdown for controlling the spread of the pandemic affected the demographic and epidemiological aspects of injuries attending the orthopedic emergency department of a level 1 trauma center in a developing country. There was a decrease in the proportion of females and children attending the ED during the lockdown. The number of road traffic accidents decreased during the lockdown. The number of patients with contusions attending the trauma center during the lockdown decreased, but there was an increase in the number of patients with spine injuries. We suggest that improvement in triage facilities, wider use of telemedicine, and increasing the stock of PPEs are essential for tackling such situations in the future.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2 infection, pandemic, epidemiology of injury, orthopedic emergency department.

Cite as: Zacharia B., Udupa H., Chandran R., Prakas A. The Effect of Nationwide Lockdown in India on the Epidemiology of Injuries During the First Wave of COVID-19. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):88-98. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7994>.

✉ Balaji Zacharia; e-mail: balaji.zacharia@gmail.com

Submitted: 18.03.2023. Accepted: 11.04.2023. Published Online: 05.05.2023.

© Zacharia B., Udupa H., Chandran R., Prakas A., 2023



Влияние национального локдауна на эпидемиологию травм во время первой волны COVID-19 в Индии

Баладжи Захария, Харшитха Хаявадана Удупа, Рахул Чандрани, Арун Пракас

Государственный медицинский колледж, Козикод, Керала, Индия

Реферат

Введение. Во время пандемии COVID-19 изменилась структура госпитализаций и оказания медицинской помощи.

Цель — проанализировать эпидемиологию и тип травм, полученных пациентами, обратившимися в травмоцентр 1-го уровня во время пандемии и локдауна в Индии.

Материал и методы. Мы провели лонгитюдное исследование с 01.01.2020 по 31.12.2020 г. Пациенты, обратившиеся за неотложной травматологической помощью, были сгруппированы в зависимости от причины, типа и места повреждения. Среднее число ежедневных обращений было рассчитано с помощью IQR (интерквартильного размаха). Было проведено сравнение распределений среднего числа наблюдений между периодами до и во время локдауна, а также во время локдауна и после его снятия.

Результаты. Всего в исследование было включено 10 513 пациентов. Наблюдалось статистически значимое снижение доли пациентов, нуждающихся в госпитализации, между периодами до и во время локдауна ($p = 0,008$). Однако этого не наблюдалось между периодами локдауна и постлокдауна ($p = 0,47$). Доля дорожно-транспортных происшествий снизилась с 26% до 15% между периодами до и во время локдауна ($p < 0,001$). Доля ушибов уменьшилась, а мягкотканых повреждений увеличилась ($p < 0,001$). Доля травм нижних конечностей уменьшилась между периодами до и во время локдауна, а доля травм позвоночника увеличилась ($p = 0,007$).

Заключение. Национальный локдаун повлиял на демографические и эпидемиологические показатели травм в травмоцентре 1-го уровня в Индии. Наблюдалось снижение доли женщин и детей, обратившихся в отделение неотложной помощи. Количество ДТП сократилось во время локдауна. Количество пациентов с ушибами, обратившихся в травматологический центр во время локдауна уменьшилось, а количество пациентов с травмами позвоночника увеличилось. Мы рекомендуем улучшить медицинскую сортировку, расширить использование телемедицины и увеличить запасы средств индивидуальной защиты для борьбы с подобными ситуациями в будущем.

Ключевые слова: COVID-19, инфекция SARS-CoV-2, пандемия, эпидемиология травм, травматологическое отделение скорой помощи.

 **Для цитирования:** Баладжи Захария, Харшитха Хаявадана Удупа, Рахул Чандрани, Арун Пракас. Влияние национального локдауна на эпидемиологию травм во время первой волны COVID-19 в Индии. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):88-98. (Англ.). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-7994>.

 Баладжи Захария; e-mail: balaji.zacharia@gmail.com

Рукопись получена: 18.03.2023. Рукопись одобрена: 11.04.2023. Статья опубликована онлайн: 05.05.2023.

© Баладжи Захария, Харшитха Хаявадана Удупа, Рахул Чандрани, Арун Пракас, 2023

INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic has greatly burdened the healthcare system. It has emerged as a medical threat to mankind, with a serious disruption of lifestyle in 2020-2021. This has not only changed the way we live and work but has also changed the pattern of hospital admissions and medical care [1]. The majority of patients with SARS-CoV-2 infection require hospitalization. The care of trauma patients in our region is mainly performed by a network of hospitals. Our hospital is a level 1 trauma center in our region. During the pandemic, many healthcare workers from the orthopedic department were reassigned to care for COVID patients. Moreover, some of them were posted exclusively for the care of orthopedic patients with SARS-CoV-2 infections. Many peripheral hospitals were unable to admit orthopedic patients due to the burden of COVID-19 patients. Our department has 150 beds for orthopedic patients. The majority of our beds, including beds in intensive care units, were taken over for the care of COVID-19 patients. The nonemergency admissions were stopped. There were no elective or nonemergency surgeries performed in the orthopedics department.

Many pandemics have affected mankind. They are rare occasions to study various aspects of health care delivery. Increased global travel and integration, urbanization, and greater exploitation of the natural environment have increased the likelihood of pandemics over the past century [2]. The nationwide lockdown to control the COVID-19 pandemic was a new experience for us. The fear of contracting the disease, fewer outpatient and inpatient facilities for non-COVID patients, and the lack of transport facilities prevented many patients from attending orthopedic clinics. People are urged to stay at home and only seek medical services if they experience an emergency [3, 4]. A reduction in public mobility and outdoor activities during lockdown led to a decrease in motor vehicle accidents, sport-related traumas, and work-related traumas. The number, demography, and type of injuries sustained by the patients attending the orthopedic emergency department can vary during the pandemic and lockdown. There can be many waves of COVID-19 before it can be controlled. Universal immunization and the development of effective treatment take a long time [5]. There is a dearth of literature reporting the effect of lockdown on the epidemiology of patients attending the orthopedic emergency department (ED) during lockdown.

The aim of the study – to describe the nature of patients attending the orthopedic emergency department of a level 1 trauma center in terms of number and proportion based on demographic characteristics and the nature of the injury before

the lockdown, during the lockdown, and during the unlocking period of the nationwide lockdown for controlling the COVID-19 pandemic in India.

METHODS

We conducted a longitudinal study. All patients attending the orthopedic emergency department (ED) of our institution from 1 January 2020 to 31 December 2020 were included in the study. Our institution is a tertiary care teaching institution with a level 1 trauma center. We have not included those patients referred to our ED from other departments for consultations. Patients attending the COVID section with orthopedic injuries were also excluded.

We collected the demographic characteristics of all the patients. The patients were divided into three groups based on their ages: <20 years, 20 to 50 years, and >50 years. The modes of injuries were divided into falls, road traffic accidents, assault, and other causes. The injuries were categorized as contusions, closed fractures, soft tissue injuries, open fractures, and others. The injuries were recorded according to the region and site. Upper limb injuries, lower limb injuries, and spine and pelvic injuries. The total number of patients attending the ED was collected. The number of patients treated as outpatients and inpatients was recorded separately.

Statistical analysis

The data collected were entered into Microsoft Excel software 2013 version. The entered data were rechecked for any errors by adding up the subgroups and checking whether the sums matched.

The total number of patients presenting to the ED and each subgroup of patients based on sex, nature of treatment provided, and age group were summarized as the median number per day with interquartile range (IQR) in each period. Injuries were grouped based on cause, type, and site and summarized as the median number observed each day with IQR. For comparison between different times, the total number of patients and injuries of the subgroups were added up, and proportions were calculated in each period. The distribution of the same was compared between the prelockdown with lockdown period and the lockdown period with the phased unlocking period with the chi-square test. The significance was calculated with a 95% confidence level and a power of 80%.

RESULTS

A total of 10513 patients attended the orthopedic emergency department during the study period. A total of 1194 patients attended during the lockdown. The maximum number of patients attended during the unlocking period (Fig. 1). Male patients predominate in ED attendance during this period. The proportion of females attending the ED was

27%, 31%, and 29% during the prelockdown, lockdown, and unlocking periods, respectively. There was no significant difference in the proportion of female patients attending the ED between the lockdown period and the unlocking period (Fig. 2). The age group of the patients attending the emergency department varied significantly during the prelockdown, lockdown, and postlockdown periods. The proportion of patients in the age group <20 years decreased from 20% to 17%, and those

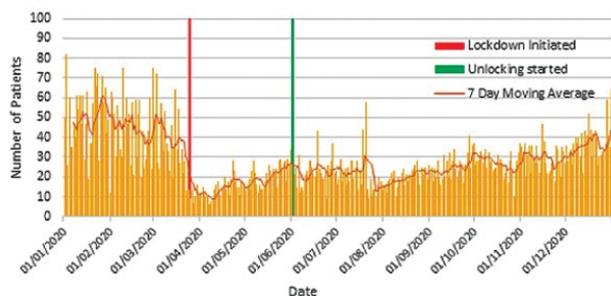


Fig. 1. Line chart of the total number of patients presented each day with a 7-day moving average

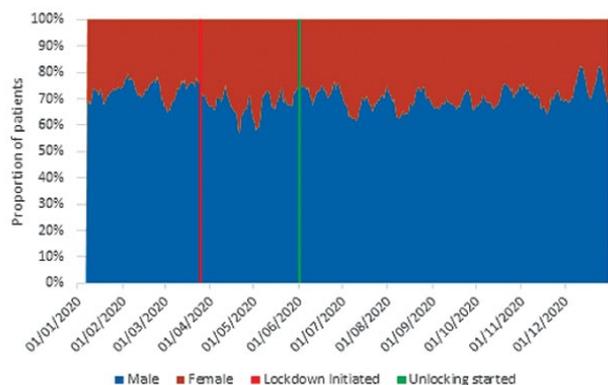


Fig. 2. Component area chart of a 7-day moving average of males and females presenting to casualty each day

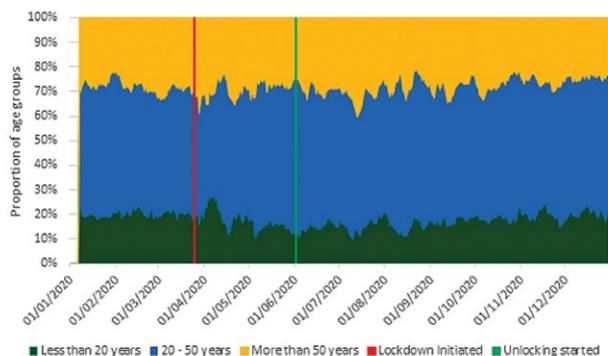


Fig. 3. Component area chart of the proportion of the 7-day moving average of the number of patients of different age groups presenting to casualty each day

between 20 and 50 years increased from 52% to 55% from the prelockdown to lockdown period ($p = 0.008$). During the unlocking phase, the proportion of patients <20 years increased from 17% to 18%, and the proportion of patients >50 years decreased from 28% to 27%, but these changes were not statistically significant ($p = 0.44$) (Fig. 3).

There was a statistically significant reduction in the proportion of patients needing inpatient care between the prelockdown phase and lockdown phase ($p = 0.008$). Comparing the proportion of patients requiring inpatient care between lockdown and postlockdown periods did not vary significantly ($p = 0.47$) (Fig. 4). There were significant changes in the proportion of various modes/causes of injury between the prelockdown and lockdown periods. The proportion of road traffic accidents (RTAs) dropped from 26% to 15% during this time ($p < 0.001$). The proportion of contusions decreased from 32% to 26%, and that of soft tissue injuries increased from 12% to 17% ($p = < 0.001$) (Fig. 5). The sites of injury also varied significantly during these three phases. The proportion of lower limb injuries decreased from 45% to 41% during the prelockdown phase to the lockdown phase, and the proportion of spinal injury patients increased from 9% to 12% ($p = 0.007$) (Fig. 6).

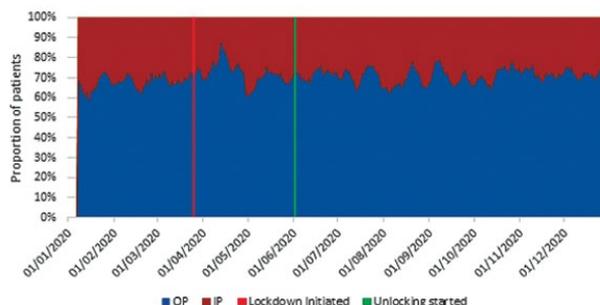


Fig. 4. Component area chart of the 7-day moving average of the proportion of patients needing OP/IP care each day

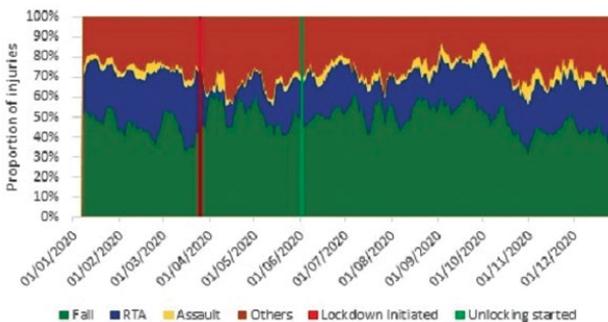


Fig. 5. Component area chart of the 7-day moving average of the proportion of different causes of injuries encountered each day

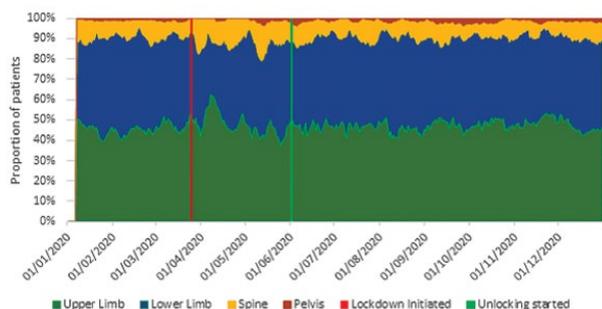


Fig. 6. Component area chart of the 7-day moving average of the proportion of different sites of injuries encountered each day

There was a significant alteration in the modes of injuries of patients attending the ED between the lockdown phase and the unlocking phase. The proportion of RTAs significantly increased from 15% to 22% between the lockdown period and the unlocking period ($p < 0.001$). The proportion of patients with contusions increased from 26% to 33%, and those with soft tissue injuries decreased from 17% to 14% during this period ($p < 0.001$). There was a significant difference in the proportion of the sites of injury of patients attending the ED between the lockdown phase and the unlocking phase.

The proportion of patients with lower limb injuries increased from 41% to 43%. The proportion of spinal injuries decreased from 12% to 8% during this time. Both of these differences were statistically significant ($p < 0.001$).

When we checked the association of the total number of outpatients and inpatients during the

first wave of the pandemic with the total number of COVID-19 patients in a day in our district and different phases of lockdown in our country, the number of COVID cases did not affect the outpatient and inpatient admission of emergency patients, but during the lockdown, there was a reduction in cases and a gradual increase during the unlocking period (Fig. 7).

DISCUSSION

The first case of a COVID patient in our country was reported on 27 January 2020. The WHO declared coronavirus infection a global health emergency and called for a combined international effort to suppress the outbreak. Various countries have adopted aggressive mitigation and containment measures such as a complete lockdown. We tried to contain it by quarantine, contact tracing, screening, and isolation. However, that was ineffective. The number of cases started to rise exponentially in different parts of the country. To curtail the rapid spread of the coronavirus and to buy time for the healthcare system to assimilate the necessary infrastructure for fighting the pandemic, a strict nationwide lockdown was enforced from 25 March 2020 by the government of India. There was a complete lockdown until May 31, 2020. Resumption of services in a phased manner was declared from 1 June, which has been termed “unlock”. This process was completed by October 30, 2020 (Table 1). On 25 March 2020, our government legalized telemedicine practice in our country in the wake of the COVID pandemic. Many patients might have utilized this facility to avoid attending hospitals [6].

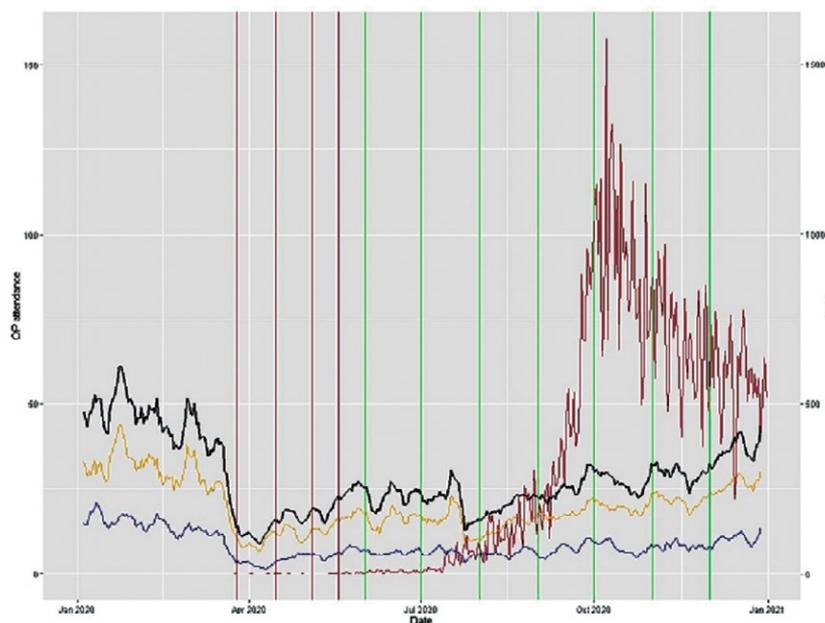


Fig. 7. The association of the total number of outpatients and inpatients during the first wave of the pandemic with the total number of COVID-19 patients in a day in our district and different phases of lockdown in our country. The red line chart is the new COVID cases reported in a day in our district. blackline — total patients, orange — outpatients, blue — inpatients. vertical lines — red — lockdown phases, green — unlock phases

Table 1

Different phases and durations of nationwide lockdown and lockdown in India

Lockdown	Dates and days	Unlocking	Dates and days
Phase 1	25-3-2020 – 14-4-2020 (21 days)	Phase 1	1-6-2020 – 30-6-2020 (30 days)
Phase 2	15-4-2020 – 3-5-2020 (19 days)	Phase 2	1-7-2020 – 31-7-2020 (31 days)
Phase 3	4-5-2020 – 17-5-2020 (14 days)	Phase 3	1-8-2020 – 31-8-2020 (31 days)
Phase 4	18-5-2020 – 31-5-2020 (14 days)	Phase 4	1-9-2020 – 30-9-2020 (30 days)
		Phase 5	1-10-2020 – 31-10-2020 (31 days)

From our study, we found that the daily number of COVID-19 patients in our district did not have much effect on either outpatient or inpatient attendance at the orthopedic ED. The nationwide lockdown and its lockdown had a definite effect on patients attending orthopedic EDs. The fewest patients (1194) attended the ED during the lockdown (68 days). There were 3728 patients before the lockdown (83 days), and the number rose to 5591 during the unlocking period (153 days). The proportion of female patients increased during the lockdown period and remained the same throughout the unlocking phase compared to the pre-lockdown period. The proportion of patients requiring inpatient care increased from the prelockdown period to the lockdown and remained the same during the unlocking phase. These demographic variations are due to the unavailability of emergency facilities in the primary and secondary centers; hence, they were forced to attend the tertiary care center. As expected, the proportion of road traffic accidents decreased during the lockdown and increased during the unlocking phase. There was no significant alteration in other

modes of injuries. There was a significant drop in the proportion of patients attending the ED with contusions during the lockdown. We think the economic factors and fear of contracting coronavirus from the hospital and lack of transport facilities might prevent patients from attending the hospital during the peak of coronavirus infection. The reduction in motor vehicle accidents caused a reduction in lower limb injuries during the lockdown. However, the nonavailability of beds in the peripheral hospital caused an increase in spine injury patients during the lockdown. The closure of schools and confinement to home led to a reduction in the proportion of the pediatric population attending the orthopedic ED during the lockdown.

We have compared the results of our study with similar studies conducted in different parts of the world. There is not much difference in the epidemiology of patients attending the emergency department during the COVID pandemic. However, the lack of strict implementation and regional differences in lockdown have changed the modes and patterns of injuries in different countries (Table 2).

Table 2

A comparison of the results of our study with similar studies conducted in different parts of the world

No.	Reference	Conclusion	Comparison with our study
1	Giudici R. et al., 2021 [7]	The COVID-19 outbreak affected the epidemiology of severe trauma patients. An increase in trauma patient admissions to a few designated facilities with a high level of care obtained satisfactory results, while COVID-19 patients overwhelmed the resources of most other hospitals	The majority of the peripheral hospitals were designated for the care of COVID patients. So trauma centers like our hospital had to manage most of the injured patients
2	Kuo L. et al., 2021 [8]	The limited COVID-19 outbreak in Taiwan has led to a decreased incidence of trauma patients, and the reduction is mostly attributed to the decline in workplace injuries	We had a major outbreak in our country leading to lockdown it affects the number of patients with trauma, especially motor vehicle accidents

End of table 1

No.	Reference	Conclusion	Comparison with our study
3	Khak M.et al., 2020 [9]	The cessation of sports activities resulted in a reduction in ligamentous injuries of sports origin. Women better implemented the stay-at-home strategies shown by a sudden increase in the men to women ratio of risk-taking traumatic injuries. The decreased number of patients with soft-tissue injuries and a high rate of self-discharge must inform the authorities of the fear of in-hospital contamination	The majority of patients who attended the ED were males. There was an increase in the number of female patients attending the ED during the lockdown period.
4	Johnson M.A. et al., 2021 [10]	We observed an over fivefold reduction in presentation for common pediatric musculoskeletal injuries typically associated with sports	We also observed a reduction in the number of injured patients <20 years during the lockdown period
5	Sabbagh R.S et al., 2022 [11]	ED visits in the United States for injuries sustained while participating in an organized team or individual sport underwent a decrease after the beginning of the COVID-19 pandemic in 2020, especially during the lockdown period	There was a reduction in sports-related injuries during the lockdown
6	Huang W. et al., 2021 [12]	Under the impact of COVID-19, the total number of RTIs in Suzhou from January to May 2020 decreased	There was reduction in the injuries due to motor vehicle accidents
7	Nabian M.H. et al., 2020 [13]	In Iran, overall trend of pediatric trauma has been decreasing during the outbreak; but the lack of reduction in proportion of accidents may pose an alarm that an effective lock-down has not been imposed	We did not observed an increase in motor vehicle accidents as we have a strict lockdown
8	Rajput K. et al., 2021 [14]	Trauma continues during lockdown, our MTC has continued to provide a full service during lockdown. However, trauma patterns have changed and departments should adapt to balance these alongside the COVID-19 pandemic. As the U.K. starts its cautious transition out of lockdown, trauma services are required to be flexible during changes in national social restrictions and changing trauma patterns. COVID-19 and lockdown state were found to have no significant impact on survival outcomes for trauma	Situations were similar in our place also
9	Abhilash K.P.P. et al., 2021 [15]	A significant reduction in the incidence rate of trauma victims, especially RTA and geriatric trauma was seen during the gruelling lockdown period of the COVID 19 pandemic	Our results are comparable
10	Wong J.S.H. et al., 2020 [16]	Demand for orthopedic care remains, despite weekly reductions of 351 orthopedic operations, 974 hospital admissions, and 3,432 clinic attendances	We also noticed that there were not much changes in the outpatient and inpatient attendance of patients in ED during COVID

On 13 March 2020, the American College of Surgeons recommended either postponing or canceling all elective surgeries. The British Orthopedic Association and NHS England issued guidelines to manage urgent orthopedic and trauma conditions. Many orthopedic emergencies are managed nonoperatively if surgery is avoidable [17]. The pandemic has affected emergency management in orthopedic and trauma cases. Reduced supply of surgical materials, limited availability of recommended operation theatres, redeployment of staff for the care of COVID patients, coronavirus infection among staff members, lack of ICU facilities, and trained anesthesiologists are some reasons for this [18]. To practice safely in the ED, it is essential to prevent nosocomial infection with coronavirus [19]. The changes in clinical patterns in an orthopedic entry in Milan, Italy, showed that elective surgeries declined to zero, outpatient admissions were restricted only to cases that could not be postponed, and the number of emergencies increased during the pandemic [20]. There was an overall decline in pediatric orthopedic cases, but the emergency admissions for musculoskeletal conditions in children did not change [21]. A nationwide web-based survey conducted in the US among people above 18 showed that an overall 40.9% of adults avoided medical care during the pandemic. Of these, 12% avoided emergency care, and 31.5% avoided routine medical care [22]. The deployment of human and material resources for fighting the pandemic has resulted in the cancellation, delay, and postponement of nonessential and emergency surgical management in low- and middle-income countries. These factors lead to higher morbidity and mortality in these countries in addition to the COVID-19 toll [23]. Many orthopedic procedures are either limb-saving or lifesaving. A classification system for performing medically necessary surgical procedures during the COVID-19 pandemic with recommendations for the safety measures to be taken was developed by C. Benjamin et al. [24]. Healthcare workers are organized in such a manner that a high standard and quality of care should be provided to trauma and orthopedic patients during the pandemic [25].

The first case of novel coronavirus infection was reported in Wuhan, China, in December 2019. Later, the spread of the virus across the globe grew into a pandemic. On 23 March 2020, the government of Britain implemented a national curfew (lockdown) to contain the spread of the virus. Many countries followed this lockdown policy to curtail the spread. This resulted in a reduction in face-to-face consultations with doctors, increasing telemedicine consultations [26]. A nationwide survey among ophthalmologists in India during the lockdown showed that there were no face-to-face consultations and

complete cessation of elective surgeries, and 27.5% were attending emergencies [27]. Ninety percent of patients underwent major surgery during the lockdown compared to 47% in the nonlockdown period for bone sarcoma [28]. A single-center observational cohort study to investigate a possible 'lockdown' effect on the volume and severity of surgical admissions showed fewer surgical admissions and only acutely ill patients attending the ED [29]. People with serious surgical pathologies remained in their homes untreated or were treated in the community during the pandemic [30]. There was a reduction in RTA to 42.6% from 46.6% with more accidents involving bikes and a reduction in all trauma-related injuries from 37.6% to 30% during the lockdown in northwest England [31].

An observational analysis of 17591 ED access from 3 trauma centers in Italy to assess the effect of lockdown on the patient characteristics and incidence of traumatological emergencies showed 3163 trauma visits. There was a 59.8% reduction in ED trauma visits. There was a reduction in road traffic accidents and sports-related injuries [32]. A comparative study to assess the demographic data, injury type, location, mechanism of injury, and surgical logistics during social restriction and lockdown during the same period in the previous year in a level 1 trauma center in Sydney found a 30.8% reduction in orthopedic admissions and a 15.6% reduction in emergency operations. Road accidents remain the same, but bicycle injuries have increased [33]. Acute referral of trauma patients was reduced to 50%, and there was a reduction in isolated limb injuries and emergency operations compared to the previous year in the golden month of the pandemic in a trauma center in London [34]. There was a 30% reduction in operations due to a reduction in RTA and sports-related injuries during the early phase of the lockdown in the UK. The number of hip fractures and minor injuries remains the same [35]. An experience from a hospital in Nepal showed a total of 1077 trauma patients in the ED. There was an 82.21% reduction in outpatient consultations and a 56% reduction in surgeries during the lockdown [36]. During the first 12 weeks of lockdown, there was a 35.3% reduction in the number of referrals received. There was an increase in the proportion of pushbike-related injuries and a reduction in operations. The proportion of fractures of the neck femur and ankle injuries remained similar to that in the previous year [37].

This was a rare opportunity for us to learn about the epidemiological changes occurring in the hospital visits of emergency and trauma patients to orthopedic EDs. The black death of the plague in Europe (1347 to 1670) and the Spanish flu (1918) were some of the previous pandemics [38, 39]. However, similar data were not available. The lack of vaccines, unhygienic envi-

ronment, and scarcity of sanitization and disinfection to prevent the transmission of the disease during those days were the major reasons for higher mortality during those days [40]. Our study is unique in that no previous study had performed a complete survey comparing prelockdown patient status with the lockdown and unlocking phases. The majority of previous studies were either for a short duration or a comparison between COVID time and a similar period in the past. Our study is the first longitudinal study comparing the pre-COVID and COVID periods over a year. It covers the entire first wave of the COVID pandemic in developing countries.

Our results will help healthcare workers and officials plan and mobilize resources adequately during further waves of the COVID pandemic and other epidemic calamities requiring lockdowns.

DISCLAIMERS

Author contribution

Balaji Zacharia – conception and design of study, data collection and analysis, writing and editing the manuscript.

Harshitha Hayavadana Udupa – data collection and analysis, writing and editing the manuscript.

Rahul Chandran – data collection and analysis, writing and editing the manuscript.

Arun Prakas – data collection and analysis, writing and editing the manuscript.

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Guest J.L., Del Rio C., Sanchez T. The Three Steps Needed to End the COVID-19 Pandemic: Bold Public Health Leadership, Rapid Innovations, and Courageous Political Will. *JMIR Public Health Surveill.* 2020;6(2):e19043. doi: 10.2196/19043.
2. Madhav N., Oppenheim B., Gallivan M., Mulembakani P., Rubin E., Wolfe N. Pandemics: Risks, Impacts, and Mitigation. In: *Disease Control Priorities: Improving Health and Reducing Poverty*. 3rd ed. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2017. Ch. 17.

CONCLUSION

The lockdown for controlling the spread of the pandemic affected the demographic and epidemiological aspects of injuries attending the orthopedic emergency department of a level 1 trauma center in a developing country. There was a decrease in the proportion of females and children attending the ED during the lockdown. The number of RTAs decreased during the lockdown. The number of patients with contusions attending the trauma center during the lockdown decreased, but there was an increase in the number of patients with spine injuries. We suggest that improvement in triage facilities, wider use of telemedicine, and increasing the stock of PPEs are essential for tackling such situations in the future.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Баладжи Захария – концепция и дизайн исследования, сбор и анализ данных, написание и редактирование рукописи.

Харшитха Хаявадана Удупа – сбор и анализ данных, написание и редактирование рукописи.

Рахул Чандрян – сбор и анализ данных, написание и редактирование рукописи.

Арун Пракас – сбор и анализ данных, написание и редактирование 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. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

3. Dhillon M.S., Kumar D., Saini U.C., Bhayana H., Gopinathan N.R., Aggarwal S. Changing Pattern of Orthopaedic Trauma Admissions During COVID-19 Pandemic: Experience at a Tertiary Trauma Centre in India. *Indian J Orthop.* 2020;54(Suppl 2):374-379. doi: 10.1007/s43465-020-00241-0.
4. Bouillon-Minois J.B., Schmidt J., Dutheil F. SARS-CoV-2 pandemic and emergency medicine: The worst is yet to come. *Am J Emerg Med.* 2021;42:246-247. doi: 10.1016/j.ajem.2020.06.014.
5. Malki Z., Atlam E.S., Ewis A., Dagnew G., Alzighaibi A.R., Elmarhomy G. et al. ARIMA models for predicting the end of COVID-19 pandemic and the risk of second rebound. *Neural Comput Appl.* 2021;33(7):2929-2948. doi: 10.1007/s00521-020-05434-0.

6. Ghosh A., Gupta R., Misra A. Telemedicine for diabetes care in India during COVID-19 pandemic and national lockdown period: Guidelines for physicians. *Diabetes Metab Syndr.* 2020;14(4):273-276. doi: 10.1016/j.dsx.2020.04.001.
7. Giudici R., Lancioni A., Gay H., Bassi G., Chiara O., Mare C. et al. Impact of the COVID-19 outbreak on severe trauma trends and healthcare system reassessment in Lombardia, Italy: an analysis from the regional trauma registry. *World J Emerg Surg.* 2021;16(1):39. doi: 10.1186/s13017-021-00383-y.
8. Kuo L.W., Fu C.Y., Liao C.A., Liao C.H., Wu Y.T., Huang J.F. et al. How much could a low COVID-19 pandemic change the injury trends? A single-institute, retrospective cohort study. *BMJ Open.* 2021;11(3):e046405. doi: 10.1136/bmjopen-2020-046405.
9. Khak M., Shakiba S., Rabie H., Naseramini R., Nabian M.H. Descriptive Epidemiology of Traumatic Injuries During the First Lockdown Period of COVID-19 Crisis in Iran: A Multicenter Study. *Asian J Sports Med.* 2020;11(2):e103842. doi: 10.5812/asjms.103842.
10. Johnson M.A., Pascual-Leone N., Shah A.S., Bram J.T., Ganley T.J. Pediatric sports injury epidemiology during COVID-19 pandemic. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(7 suppl 3):2325967121S00113. doi: 10.1177/2325967121S00113.
11. Sabbagh R.S., Shah N.S., Kanhere A.P., Hoge C.G., Thomson C.G., Grawe B.M. Effect of the COVID-19 Pandemic on Sports-Related Injuries Evaluated in US Emergency Departments. *Orthop J Sports Med.* 2022;10(2):23259671221075373. doi: 10.1177/23259671221075373.
12. Huang W., Lin Q., Xu F., Chen D. Effect of COVID-19 on epidemiological characteristics of road traffic injuries in Suzhou: a retrospective study. *BMC Emerg Med.* 2021;21(1):88. doi: 10.1186/s12873-021-00483-7.
13. Nabian M.H., Vosoughi F., Najafi F., Khabiri S.S., Nafisi M., Veisi J. et al. Epidemiological pattern of pediatric trauma in COVID-19 outbreak: Data from a tertiary trauma center in Iran. *Injury.* 2020;51(12):2811-2815. doi: 10.1016/j.injury.2020.09.015.
14. Rajput K., Sud A., Rees M., Rutka O. Epidemiology of trauma presentations to a major trauma centre in the North West of England during the COVID-19 level 4 lockdown. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021;47(3):631-636. doi: 10.1007/s00068-020-01507-w.
15. Abhilash K.P.P., Paul A.J., Das S., Hazra D., Jain S., Dhinakar Arelly S.P. Changing pattern of trauma during the COVID-19 Pandemic. *Med J Armed Forces India.* 2021;77(Suppl 2):S338-S344. doi: 10.1016/j.mjafi.2021.05.010.
16. Wong J.S.H., Cheung K.M.C. Impact of COVID-19 on Orthopedic and Trauma Service: An Epidemiological Study. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(14):e80. doi: 10.2106/JBJS.20.00775.
17. Iyengar K., Vaish A., Vaishya R. Revisiting conservative orthopaedic management of fractures during COVID-19 pandemic. *J Clin Orthop Trauma.* 2020;11(4):718-720. doi: 10.1016/j.jcot.2020.05.010.
18. Keny S., Bagaria V., Chaudhary K., Dhawale A. Emergency and Urgent Orthopaedic Surgeries in non-covid patients during the COVID 19 pandemic: Perspective from India. *J Orthop.* 2020;20:275-279. doi: 10.1016/j.jor.2020.05.012.
19. Yang Yu., Yu A., Xiao W., Sun Zh., Liu F., Wu F. (2020) "Strategies Suggested for Emergency Diagnosis and Treatment of Traumatic Orthopedics in the Epidemic of COVID-19. *Chinese J Orthop Trauma.* 2020;(12):123-127.
20. Zagra L., Faraldi M., Pregliasco F., Vinci A., Lombardi G., Ottaiano I. et al. Changes of clinical activities in an orthopaedic institute in North Italy during the spread of COVID-19 pandemic: a seven-week observational analysis. *Int Orthop.* 2020;44(8):1591-1598. doi: 10.1007/s00264-020-04590-1.
21. Wong F.L., Antoniou G., Williams N., Cundy P.J. Disruption of paediatric orthopaedic hospital services due to the COVID-19 pandemic in a region with minimal COVID-19 illness. *J Child Orthop.* 2020;14(4):245-251. doi: 10.1302/1863-2548.14.200140.
22. Czeisler M.É., Marynak K., Clarke K.E., Salah Z., Shakya I., Thierry J.M. et al. Delay or Avoidance of Medical Care Because of COVID-19-Related Concerns — United States, June 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020;69(36):1250-1257. doi: 10.15585/mmwr.mm6936a4.
23. Ma X., Vervoort D., Reddy C.L., Park K.B., Makasa E. Emergency and essential surgical healthcare services during COVID-19 in low- and middle-income countries: A perspective. *Int J Surg.* 2020;79:43-46. doi: 10.1016/j.ijssu.2020.05.037.
24. Service B.C., Collins A.P., Crespo A., Couto P., Gupta S., Avilucea F. et al. Medically Necessary Orthopaedic Surgery During the COVID-19 Pandemic: Safe Surgical Practices and a Classification to Guide Treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(14):e76. doi: 10.2106/JBJS.20.00599.
25. Nuñez J.H., Porcel J.A., Pijoan J., Batalla L., Teixidor J., Guerra-Farfan E. et al. Rethinking Trauma Hospital Services in one of Spain's Largest University Hospitals during the COVID-19 pandemic. How can we organize and help? Our experience. *Injury.* 2020;51(12):2827-2833. doi: 10.1016/j.injury.2020.09.055.
26. Sinha V., Malik M., Nugent N., Drake P., Cavale N. The Role of Virtual Consultations in Plastic Surgery During COVID-19 Lockdown. *Aesthetic Plast Surg.* 2021;45(2):777-783. doi: 10.1007/s00266-020-01932-7.
27. Nair A.G., Gandhi R.A., Natarajan S. Effect of COVID-19 related lockdown on ophthalmic practice and patient care in India: Results of a survey. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(5):725-730. doi: 10.4103/ijo.IJO_797_20.
28. Kumar V.S., Banjara R., Thapa S., Majeed A., Kapoor L., Janardhanan R. et al. Bone sarcoma surgery in times of COVID-19 pandemic lockdown-early experience from a tertiary centre in India. *J Surg Oncol.* 2020;122(5):825-830. doi: 10.1002/jso.26112.
29. McLean R.C., Young J., Musbahi A., Lee J.X., Hidayat H., Abdalla N. et al. A single-centre observational cohort study to evaluate volume and severity of emergency general surgery admissions during the COVID-19 pandemic: Is there a "lockdown" effect? *Int J Surg.* 2020;83:259-266. doi: 10.1016/j.ijssu.2020.09.011.
30. McGuinness M.J., Hsee L. Impact of the COVID-19 national lockdown on emergency general surgery: Auckland City Hospital's experience. *ANZ J Surg.* 2020;90(11):2254-2258. doi: 10.1111/ans.16336.
31. Rajput K., Sud A., Rees M., Rutka O. Epidemiology of trauma presentations to a major trauma centre in the North West of England during the COVID-19 level 4 lockdown. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021;47(3):631-636. doi: 10.1007/s00068-020-01507-w.
32. Dolci A., Marongiu G., Leinardi L., Lombardo M., Dessì G., Capone A. The Epidemiology of Fractures and Muskulo-Skeletal Traumas During COVID-19 Lockdown: A Detailed Survey of 17.591 Patients in a Wide Italian Metropolitan Area. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2020;11:2151459320972673. doi: 10.1177/2151459320972673.

33. Probert A.C., Sivakumar B.S., An V., Nicholls S.L., Shatrov J.G., Symes M.J. et al. Impact of COVID-19-related social restrictions on orthopaedic trauma in a level 1 trauma centre in Sydney: the first wave. *ANZ J Surg.* 2021;91(1-2):68-72. doi: 10.1111/ans.16375.
34. Park C., Sugand K., Nathwani D., Bhattacharya R., Sarraf K.M. Impact of the COVID-19 pandemic on orthopedic trauma workload in a London level 1 trauma center: the «golden month». *Acta Orthop.* 2020;91(5):556-561. doi: 10.1080/17453674.2020.1783621.
35. Donovan R.L., Tilston T., Frostick R., Chessier T. Outcomes of Orthopaedic Trauma Services at a UK Major Trauma Centre During a National Lockdown and Pandemic: The Need for Continuing the Provision of Services. *Cureus.* 2020;12(10):e11056. doi: 10.7759/cureus.11056.
36. Kayastha S.R., Parajuli B., Basi A., Shrestha D. Orthopaedic Services during Nationwide COVID-19 Lockdown: Dhulikhel Hospital, Kathmandu University Hospital Experience and Review of Literature. *Kathmandu Univ Med J (KUMJ).* 2020 COVID-19 Special issue;18(70):29-35.
37. Sephton B.M., Mahapatra P., Shenouda M., Ferran N., Deierl K., Sinnott T. et al. The effect of COVID-19 on a Major Trauma Network. An analysis of mechanism of injury pattern, referral load and operative case-mix. *Injury.* 2021;52(3):395-401. doi: 10.1016/j.injury.2021.02.035.
38. Duncan C.J., Scott S. What caused the Black Death? *Postgrad Med J.* 2005;81(955):315-320. doi: 10.1136/pgmj.2004.024075.
39. He C.Q., He M., He H.B., Wang H.M., Ding N.Z. The matrix segment of the “Spanish flu” virus originated from intragenic recombination between avian and human influenza A viruses. *Transbound Emerg Dis.* 2019;66(5):2188-2195. doi: 10.1111/tbed.13282.
40. Agrawal A., Gindodiya A., Deo K., Kashikar S., Fulzele P., Khatib N. A Comparative Analysis of the Spanish Flu 1918 and COVID-19 Pandemics. *TOPHJ.* 2021;14(1):128-134. doi: 10.2174/1874944502114010128.

Authors' information

✉ Balaji Zacharia

Address: Kozhikode, Kerala, 673008, India
<https://orcid.org/0000-0001-5080-1656>
 e-mail: balaji.zacharia@gmail.com

Harshitha Hayavadana Udupa

<https://orcid.org/0000-0002-9746-8528>
 e-mail: harshithaudupa@gmail.com

Rahul Chandran

<https://orcid.org/0000-0002-4897-5582>
 e-mail: rahulchandrannair55@gmail.com

Arun Prakas

<https://orcid.org/0009-0007-5173-2569>
 e-mail: drarunprakas@gmail.com

Сведения об авторах

✉ Баладжи Захария

Адрес: Индия, 673008 Козикод, Керала
<https://orcid.org/0000-0001-5080-1656>
 e-mail: balaji.zacharia@gmail.com

Харшитха Хаявадана Удупа

<https://orcid.org/0000-0002-9746-8528>
 e-mail: harshithaudupa@gmail.com

Рахул Чандрани

<https://orcid.org/0000-0002-4897-5582>
 e-mail: rahulchandrannair55@gmail.com

Арун Пракас

<https://orcid.org/0009-0007-5173-2569>
 e-mail: drarunprakas@gmail.com



Теносиновит сгибателей пальцев и кисти, вызванный *Mycobacterium tuberculosis*: клинический случай и обзор литературы

Н.В. Абдиба, Л.А. Родоманова, И.Ю. Золотухина

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

Реферат

Актуальность. Теносиновит кисти и предплечья микобактериальной этиологии является крайне редкой формой внелегочного туберкулеза и может приводить к стойкой инвалидизации пациентов.

Описание случая. Представляем редкий клинический случай распространенного теносиновита сухожилий всех сгибателей кисти и пальцев правой верхней конечности, вызванного *Mycobacterium tuberculosis*. Пациент обратился с жалобами на наличие образования по ладонной поверхности правой кисти, из которого периодически самопроизвольно возникало отделяемое в виде рисовых зерен. По результатам МРТ выявлена картина перитендинального синовиального кистозного образования по волярной поверхности кисти и лучезапястного сустава с наличием множественных хондромных тел, тендинит и теносиновит сгибателей IV и V пальцев кисти. Выполнено удаление новообразования, патологических тканей и тотальная синовэктомия. Интраоперационный материал отправлен на ПЦР-исследование, выявлена ДНК микобактериального туберкулезного комплекса.

Заключение. Представленный клинический случай демонстрирует важность выполнения МРТ исследования при теносиновите неясной этиологии до операции и необходимость гистологического и бактериологического исследования интраоперационного материала. Транспортировка полученных тканей для исследований должна осуществляться без использования формалина с целью исключения ложноотрицательных результатов. При лечении пациентов с иммунокомпromетирующими заболеваниями должна быть настороженность в отношении неспецифических инфекций, в том числе *Mycobacterium tuberculosis*. Наличие у пациента нейропатии конечности, инструментальных признаков второй или третьей стадии туберкулезного теносиновита по классификации Kanavel является показанием к хирургическому лечению.

Ключевые слова: теносиновит микобактериальной этиологии, *Mycobacterium tuberculosis*, микобактерия туберкулеза, синдром карпального канала, синовэктомия, гипертрофия синовиальных оболочек, тендинит.

 **Для цитирования:** Абдиба Н.В., Родоманова Л.А., Золотухина И.Ю. Теносиновит сгибателей пальцев и кисти, вызванный *Mycobacterium tuberculosis*: клинический случай и обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):99-109. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2046>.

 Абдиба Нино Важаевна; e-mail: ninoabdiba@gmail.com

Рукопись получена: 16.01.2023. Рукопись одобрена: 11.04.2023. Статья опубликована онлайн: 28.04.2023.

© Абдиба Н.В., Родоманова Л.А., Золотухина И.Ю., 2023



Tenosynovitis of the Flexor Digitorum and Flexor Carpi Caused by *Mycobacterium Tuberculosis*: Case Report and Review

Nino V. Abdiba, Lyubov A. Rodomanova, Inna Yu. Zolotukhina

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

Abstract

Background. Mycobacterial tenosynovitis of the hand and forearm is an extremely rare form of extrapulmonary tuberculosis, which can lead to permanent disability of patients.

Case presentation. We present a rare clinical case of generalized tenosynovitis of the tendons of all hand and finger flexors of the right upper extremity caused by *Mycobacterium tuberculosis* (MBT). Patient complained of a lump on the palmar surface of the right hand with periodic spontaneous discharge in the form of rice grains. MRI revealed a peritendinal synovial cystic mass on the volar surface of the hand and wrist joint with the presence of multiple chondromal bodies, tendinitis and tenosynovitis of the flexor of IV and V fingers. Removal of the neoplasm, pathological tissues, and total synovectomy were performed. Intraoperative material was tested using PCR. DNA of *Mycobacterium tuberculosis* complex was detected.

Conclusion. Presented case report demonstrates the importance of preoperative MRI examination in tenosynovitis of unknown etiology and the necessity of histological and bacteriological examination of intraoperative material. Transportation of obtained tissues for examination should be performed without the use of formalin in order to exclude false negative results. One should be vigilant against nonspecific infections, including *Mycobacterium tuberculosis*, when treating patients with immunocompromising diseases. The presence of limb neuropathy, instrumental signs of the second or the third stage of tuberculous tenosynovitis according to Kanavel classification are indications for surgical treatment.

Keywords: mycobacterial tenosynovitis, *Mycobacterium tuberculosis*, carpal tunnel syndrome, synovectomy, synovial hypertrophy, tendinitis.

Cite as: Abdiba N.V., Rodomanova L.A., Zolotukhina I.Yu. Tenosynovitis of the Flexor Digitorum and Flexor Carpi Caused by *Mycobacterium Tuberculosis*: Case Report and Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2): 99-109. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2046>.

✉ Nino V. Abdiba; e-mail: ninoabdiba@gmail.com

Submitted: 16.01.2023. Accepted: 11.04.2023. Published Online: 28.04.2023.

© Abdiba N.V., Rodomanova L.A., Zolotukhina I.Yu., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на достижения в области здравоохранения, туберкулез остается одной из десяти основных причин смертности во всем мире. В 2018 г. было зарегистрировано около 7 млн новых и рецидивирующих случаев туберкулеза, из них на внелегочные формы приходится 15%. Костно-суставной туберкулез составляет до 10% от всех форм внелегочного туберкулеза и может приводить к стойкой инвалидизации пациентов [1]. Теносиновит кисти и предплечья микобактериальной этиологии является крайне редкой формой внелегочного туберкулеза: данная нозология встречается в 5% случаев туберкулеза опорно-двигательного аппарата [2].

Пациентов с теносиновитом верхней конечности микобактериальной этиологии беспокоят нарастающая боль, отек, уменьшение объема активных и пассивных движений в суставах пораженной конечности, в дальнейшем присоединяются симптомы нейропатии, такие как гиперестезия, гипостезия, парестезия. Инструментальные методы исследований (УЗИ, МРТ) демонстрируют наличие гипертрофированной синови, увеличение объема сухожилий по сравнению со здоровой стороной, может визуализироваться симптом «рисовых тел», однако представленные данные характерны и для десятков других заболеваний, таких как серонегативный артрит, ревматоидный артрит, системная красная волчанка, онкологические заболевания и др. [3]. Таким образом, клиническая картина заболевания не специфична, что приводит к ошибкам в диагностике и в последующем к неверно выбранной тактике лечения [4].

Оригинальное исследование на относительно большой группе пациентов провели М. Yushan с соавторами. Авторы изучили клинические особенности и функциональные исходы туберкулеза верхней конечности у 84 пациентов [3]. Другие работы в основном представлены описанием единичных клинических случаев данного заболевания. В отечественной литературе мы не нашли работ, посвященных теносиновиту микобактериальной этиологии.

Идентификация теносиновита микобактериальной этиологии представляет собой диагностическую проблему, учитывая редкое возникновение, скрытое начало и отсутствие специфических признаков заболевания.

Целью публикации является демонстрация и анализ редкого клинического случая распространенного теносиновита сухожилий всех сгибателей кисти и пальцев правой верхней конечности, вызванного *Mycobacterium tuberculosis* (МБТ).

Клиническое наблюдение

Пациент (45 лет, рост 163 см, вес 69 кг, ИМТ 25) впервые обратился в консультативно-диагностическое отделение НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена 15.06.2022 с жалобами на наличие образования на ладонной поверхности правой кисти, из которого периодически самопроизвольно появлялось отделяемое в виде рисовых зерен. Отек конечности отмечает с 2014 г. и связывает его с травмой в результате многократных ударов правой кистью о стеклянную дверь. За медицинской помощью не обращался, консервативного и хирургического лечения не получал. С апреля 2022 г. его стали беспокоить вышеперечисленные симптомы, после чего пациент обратился в Городской клинический онкологический центр, откуда был направлен с диагнозом «синовиальная киста правой кисти» на консультацию в НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена, где был обследован и находился на стационарном лечении с 20.09.2022 по 03.10.2022.

Основной диагноз по МКБ-10: D 21.1 Доброкачественное новообразование соединительной и других мягких тканей верхней конечности, включая область плечевого пояса; мягкотканное новообразование правой кисти и правого предплечья.

Из анамнеза жизни известно, что пациент в молодом возрасте длительно внутривенно употреблял наркотические препараты (героин). С 1998 г. поставлен диагноз: ВИЧ-инфекция, хронический вирусный гепатит С. Пациент состоит на учете в Центре по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями. В настоящее время у больного ВИЧ-инфекция 4В стадии (ремиссия на антиретровирусной терапии (АРВТ)). Получает постоянную специфическую АРВТ с 2014 г., проходит регулярные обследования (1 раз в 6 мес.). На момент осмотра получал следующую терапию: Эльпида 20 мг 1 раз по 1 табл. в сут., Ламивудин-эдваксд 150 мг по 2 табл. 2 раза в сут., Вирфотен 300 мг по 1 табл. 1 раз в сут. При поступлении у пациента зафиксированы следующие сопутствующие заболевания, помимо вышеперечисленных: тромбоцитопения легкой степени, нейтропения средней степени, хронический бронхит вне обострения. В результате анализа рентгенограмм легких не выявлено патологических изменений, характерных для туберкулеза, в том числе кальцинатов по типу очага Гона.

При осмотре: правая кисть, пальцы и нижняя треть предплечья значительно увеличены в размерах в сравнении со здоровой левой верхней конечностью (+3,0 см); волярная поверхность бугристая, кожа истончена, багрового цвета (рис. 1). Кроме

того, по ладонной поверхности кисти отчетливо выделяется подкожное овальное образование в проекции IV луча размером 3,0×2,0 см, кожа над

которым натянута и блестит, гиперемирована, в центре визуализируется рана под струпом диаметром 0,5 см, отделяемого из раны нет (рис. 1).



Рис. 1. Волярная поверхность кисти и предплечья:
а — «дренирующий синус» в проекции IV луча; б — тыльная поверхность обеих верхних конечностей, увеличение окружности правой кисти и предплечья

Fig. 1. Volar surface of the hand and forearm:
а — «draining sinus» in the projection of the IV ray; б — dorsal surface of both upper extremities, increased right hand and forearm circumference

Пальпаторно: по ладонной поверхности сегменты плотно-эластичные, кожа мало смещается, пальпация слегка болезненная. Кровоснабжение пальцев кисти компенсировано, иннервация не нарушена. Амплитуда движений в суставах пальцев кисти: в межфаланговом суставе (МФС) I пальца сгибание — 30°, разгибание соответствует норме. В пястно-фаланговом суставе (ПФС) II пальца — 60°, проксимальном межфаланговом суставе (ПМФС) — 40°, дистальном межфаланговом суставе (ДМФС) соответствует норме. Во II–V пальцах: ПФС — 60°, ПМФС, ДМФС — в полном объеме; противопоставление I пальца сохранено. Амплитуда движений в кистевом суставе в полном объеме, разгибание кисти незначительно болезненное в крайнем положении.

Выполнено МРТ (аппарат Magnetom Skyra 3T, протокол исследования: T2 COR, T1 COR, T1 COR FS, PD COR FD, PD TRA FS, PD SAG FS) 26.06.2022. Выявлено: МР-картина перитендинального синовиального кистозного образования по волярной поверхности кисти и лучезапястного сустава с наличием множественных хондромных тел. Вышеперечисленные изменения наиболее характерны для проявления синовиального хондроматоза. Также наблюдались отеки окружающих мягких тканей, тендинит, теносиновит сгибателей IV и V пальцев кисти. Кроме того, обнаружена пери-

тендинальная синовиальная киста, располагающаяся подкожно в области IV пальца, сообщающаяся с синовиальным влагалищем (рис. 2).

В условиях перевязочной с соблюдением мер асептики был удален струп с поверхности раны на ладони правой кисти, края раны разведены. При надавливании из раны выделилось густое жидкое прозрачное содержимое желтоватого оттенка с твердыми включениями, внешне схожими с рисом — мелкие (до 0,4 см длиной и 0,2 см в диаметре) овальной и веретенообразной формы с гладкой поверхностью, белого цвета, прозрачные, в количестве 8 штук. Отделяемое (объемом 2,0 мл) было отправлено на посев для определения глубоких микозов, выявления бактериального возбудителя и определения чувствительности к антибиотикам. В результате бактериологического исследования биоптатов 25.09.2022 выявлена следующая патологическая флора: *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis*.

Противопоказаний к хирургическому лечению не обнаружено. 28.09.2022 было выполнено оперативное вмешательство: удаление мягкотканного новообразования правого предплечья и кисти, иссечение поверхностного сгибателя II пальца, рассечение поперечной карпальной связки, фасциотомия переднего и латерального мышечных футляров.

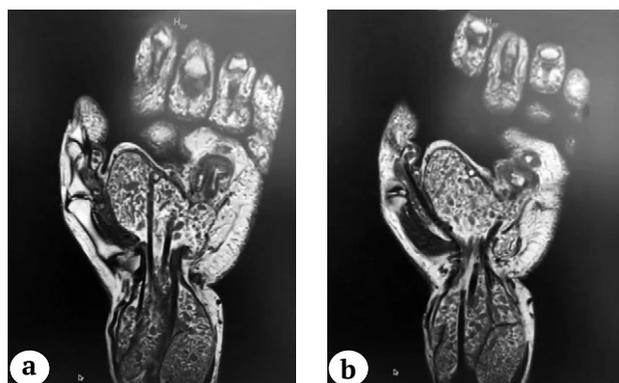


Рис. 2. МР-томограммы правой верхней конечности:
а — образования по волярной поверхности кисти и лучезапястного сустава с наличием множественных хондромных тел, включения по типу «рисовых зерен»; б — перитендинальная синовиальная киста, располагающаяся подкожно в области IV луча, сообщающаяся с каналами сгибателей

Fig. 2. MRI scans of right upper extremity:
а — masses on the volar surface of the hand and wrist joint with multiple chondromal bodies, «rice grains» inclusions; б — peritendinous synovial cyst, located subcutaneously in the IV ray area, communicating with the flexor channels

Операцию выполняли в положении пациента лежа на спине с отведенной правой верхней конечностью, уложенной на приставной столик. После стандартной обработки операционного поля растворами антисептиков под жгутом выполнен фигурный разрез по волярной поверхности правого предплечья и Y-образный разрез по ладонной поверхности правой кисти, рассечены собственная фасция предплечья и связка карпального канала. При ревизии были выявлены следующие изменения: мышцы поверхностных сгибателей пальцев и кисти гипертрофированы, бледно-розового и серого цвета с желтыми вкраплениями. Срединный нерв уплощен, оболочки тусклые, выявлено его локальное сужение, что является признаком хронической компрессии нерва и упоминается в современной литературе как феномен фокальной констрикции срединного нерва по типу «песочных часов».

Синовиальные оболочки сгибателей пальцев гипертрофированы, уплотнены, серого цвета. Имеются мешковидные утолщения, заполненные прозрачной жидкостью желтоватого оттенка. В жидкости визуализируются взвешенные структуры в форме зерен желтого и белого цвета с гладкой поверхностью, в большом количестве, различные по размеру — от 5,0 мм до 2,0 см в длину (рис. 3). Пальпаторно: образования белого цвета — жесткие, упругие; образования желтого цвета — мягкие, на разрезе — все гомогенные. Оболочки сухожилий сгибателей изменены на всем протяжении. Сосудисто-нервные пучки интактны, не спаяны с образованием и подлежащими тканями. Сухожилие поверхностного сгибателя II пальца изменено, имеется его разрыв с дефектом до 3 см. Учитывая распространенность процесса и слож-

ность анатомии сегмента, образование удалено фрагментарно в пределах здоровых тканей, иссечено измененное сухожилие поверхностного сгибателя II пальца, выполнена тотальная синовэктомия. После снятия жгута осуществлен тщательный гемостаз, рана ушита узловыми швами и дренирована пассивными выпускниками (полиэтиленовыми полутрубками).

Удаленные мягкие ткани помещены в физиологический раствор, отправлены на гистологическое исследование в патолого-анатомическое отделение НМИЦ ТО им Р.Р. Вредена. Для определения наличия МБТ материал был направлен в СПб НИИ фтизиопульмонологии, откуда получен результат: обнаружена ДНК микобактерий туберкулезного комплекса.

07.10.2022 получены результаты гистологического исследования. Макроописание: фрагменты мягких тканей объемом 100 см³ белесоватого цвета, плотно-эластичной консистенции. В 8 гистологических препаратах выявлены следующие изменения: множественные очаги гиалиноза с казеозным некрозом, окруженные валом лимфоцитов с редкими гигантскими многоядерными клетками. Местами бесклеточные очаги гиалиноза располагаются в рыхлой волокнистой ткани, богато инфильтрированной лимфоцитами, плазматическими ксантоцитарными клетками, гистиоцитами, макрофагами. Местами видны фиброзирование очагов некроза и их локализованная инфильтрация. На остальном протяжении определяется волокнистая ткань различной плотности, богатая клетками описанного состава. Заключение: воспалительный процесс специфической природы (туберкулез?) в сочетании с хроническим воспалением мягких тканей (рис. 4).

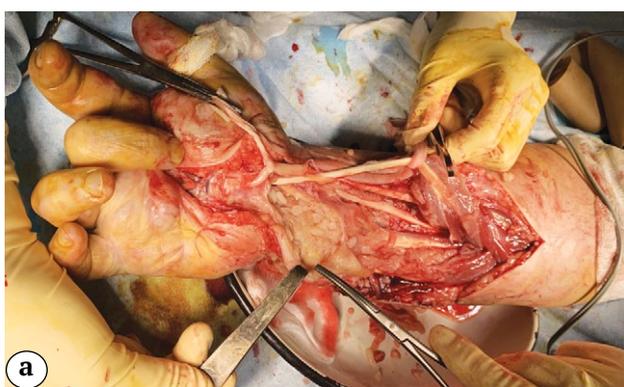


Рис. 3. Вид конечности после фасциотомии переднего и латерального мышечных футляров (а); удаленные измененные ткани — гипертрофированная синовиальная оболочка, структуры в форме зерен различного размера в большом количестве (b)

Fig. 3. The limb after fasciotomy of the anterior and lateral muscle compartments (a); removed abnormal tissues — hypertrophic synovial sheath, grain-like structures of various sizes in large numbers (b)

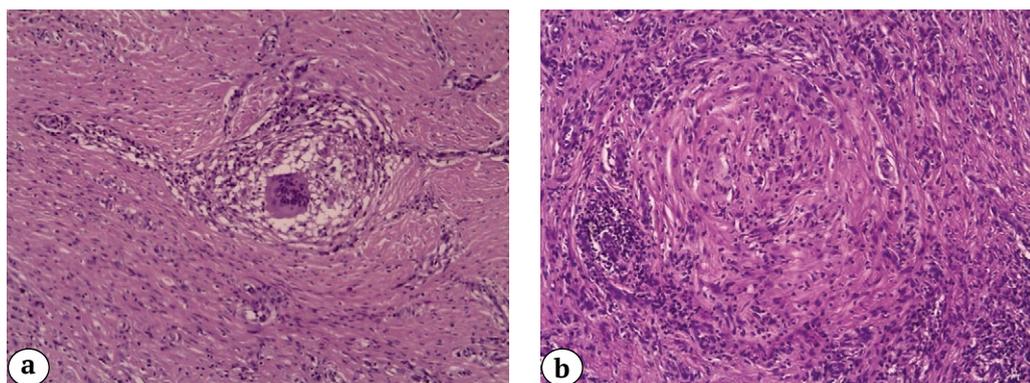


Рис. 4. Гистологические препараты фрагментов мягких тканей:
 а — бесклеточные очаги гиалиноза располагаются в рыхлой волокнистой ткани, богато инфильтрированной лимфоцитами; б — множественные очаги гиалиноза с казеозным некрозом, окруженные валом лимфоцитов с редкими гигантскими многоядерными клетками. Окрашивание гематоксилином и эозином. Ув. ×280

Fig. 4. Histological specimens of soft tissue fragments:
 а — cell-free foci of hyalinosis are located in loose areolar tissue richly infiltrated by lymphocytes; б — multiple foci of hyalinosis with caseous necrosis surrounded by a bank of lymphocytes with rare multinucleated giant cells. Hematoxylin and eosin staining. Mag. ×280

После операции пациент получал следующую медикаментозную терапию: ампициллин + сульбактам 1500 мг (3,0 г) внутривенно 3 раза в сут. в течение 5 дней; кетонал 2,0 внутримышечно 2 раза в сут. в течение 2 дней; трамадол 2,0 внутримышечно однократно. В течение 5 дней проводились перевязки, осуществлялся лабораторный контроль соответственно внутренним утвержденным протоколам.

Ранний послеоперационный период: обезболивание потребовалось в течение двух послеоперационных суток; часть дренажей удалена через сутки, полностью на вторые сутки после операции; раны зажили первичным натяжением. Жалобы нейрогенного характера отсутствовали, объем движений в пальцах правой кисти и кистевом суставе соответствовали исходному до операции, без отрицательной динамики.

На амбулаторном этапе пациент выполнял следующие рекомендации: фиксация правой верхней конечности гипсовой лангетой в течение 2 нед. после операции; компрессионное белье 1 класса компрессии в течение 6 мес. после операции с захватом от ногтевых фаланг до верхней трети плеча; амоксициллин + клавулановая кислота 1000 мг по 1 табл. 2 раза в сут. в течение 2 мес. после выписки из стационара; ципрофлоксацин 500 мг по 1 табл. 2 раза в сутки в течение 2 мес. после выписки из стационара.

При осмотре через 2,5 мес. пациент жалоб не предъявлял. Функция правой кисти практически соответствует здоровой стороне (рис. 5).

При осмотре через 2,5 мес. пациент жалоб не предъявлял. Функция правой кисти практически соответствует здоровой стороне (рис. 5).



Рис. 5. Результаты через 2,5 мес. после хирургического лечения: а — максимальная амплитуда сгибания суставов пальцев обеих кистей, вид в сагиттальной плоскости; б — максимальная амплитуда разгибания суставов пальцев обеих кистей; с — максимальная амплитуда сгибания суставов пальцев обеих кистей, вид в фронтальной плоскости

Fig. 5. Results 2.5 months after surgical treatment: а — maximal range of flexion in the finger joints of both hands, sagittal view; б — maximal range of extension in the finger joints of both hands; с — maximal range of flexion in the finger joints of both hands, frontal view

При измерении сантиметровой лентой окружность правой верхней конечности уменьшилась на 2 см в сравнении с дооперационными параметрами. Пациент продолжал реабилитационное лечение под контролем кистевого терапевта, прошел обследование в СПб НИИ фтизиопульмонологии, где диагноз был подтвержден.

ОБСУЖДЕНИЕ

Mycobacterium tuberculosis — факультативный внутриклеточный паразит, имеет вид тонкой, прямой или слегка изогнутой палочки размером (1–10)×(0,2–0,6) мкм. Несмотря на простое прокариотическое строение, микроорганизм имеет плазмиды, которые обеспечивают его автономную репликацию, изменчивость генома и соответственно приверженность к мутации. Характерные свойства бактерии эволюционно привели к появлению множества молекулярных механизмов, которые позволяют ей уклоняться от обнаружения иммунитетом хозяина и в конечном итоге размножаться, вызывая стойкое, трудно поддающееся лечению заболевание [5, 6].

К факторам риска развития заболевания относят: пожилой возраст, низкий социальный статус пациента, нутритивную недостаточность, наличие туберкулеза или контакт в анамнезе, иммуносупрессию, злоупотребление алкоголем, постоянное проживание в эндемичных районах, инъекции препаратов стероидных гормонов [7]. Наш клинический случай демонстрирует несколько факторов риска развития заболевания туберкулезной этиологии, а именно: внутривенное введение наркотиков в анамнезе, наличие иммунокомпрометирующих заболеваний, таких как ВИЧ-инфекция в 4В стадии и хронический гепатит С. Однако пациент отрицал контакт с туберкулезными больными и введение препаратов стероидных гормонов.

Преимущественно *Mycobacterium tuberculosis* распространяется воздушно-капельным путем и имеет явный тропизм к легочной ткани. Проникновение в костно-мышечную систему возможно несколькими способами. Во время первичной инфекции может возникнуть бактериемия (бациллемия), которая в норме сдерживается клеточно-опосредованным иммунитетом. У пациентов с наследственными и приобретенными иммунодефицитными состояниями клеточный иммунитет дисфункционален, и бациллемия приводит к гематогенному распространению микроорганизма. Также возможна лимфогенная диссеминация бактерии в костно-мышечную систему [8].

Отсутствие первичного очага в организме не исключает возможности развития внелегочной формы туберкулеза. Контактный механизм передачи возбудителя реализуется травматическим путем, когда микроорганизм попадает на повреж-

денные кожные покровы с обсемененной бактерией почвой или водой, аналогичным образом возможен трансмиссивный путь передачи. В литературе описаны случаи внелегочного туберкулеза опорно-двигательного аппарата после введения инъекционных форм наркотиков [9]. Также зарегистрированы случаи ятрогенного заражения, число которых растет вследствие распространения медицинского туризма [10, 11]. I.K. Cheung и A. Wilson сообщают о клиническом случае туберкулеза внелегочной локализации после тотального эндопротезирования коленного сустава [12]. K.L. Winthrop с соавторами выявили вспышку микобактериальной инфекции среди лиц, посещавших маникюрный салон [13].

В нашем клиническом случае на этапе предоперационной подготовки при анализе рентгенограмм не было выявлено кальцинатов в легких по типу очага Гона (первичного туберкулезного комплекса), что исключает наличие первичного очага в легких и гематогенную и/или лимфогенную диссеминацию бактерии. Таким образом, более вероятен контактный механизм заражения.

После проникновения МБТ в организм пациента сухожильные оболочки поражаются с образованием «холодного» абсцесса, который распространяется на окружающие анатомические структуры (капсулу сустава, мышцы, сухожилия и синовиальные оболочки) через интерстициальные пространства, далее происходит гипертрофия синовиальных оболочек, образование гранул и зон фокального некроза периартикулярных мягких тканей [3].

Гистологические и клинические изменения в тканях протекают динамически и соответствуют трем стадиям, которые описал А.В. Kanavel в 1923 г. [14]. Первая стадия характеризуется продукцией серозного экссудата с утолщением синовиальных оболочек, на второй стадии образуется грануляционная ткань, состоящая из «рисовых тел», на третьей стадии заболевания происходят массивный казеозный некроз, адгезия сухожилий и их синовиальных оболочек с образованием дренирующих синусов (свищевых ходов) и «холодного» абсцесса [15, 16, 17]. Все перечисленные стадии протекают, не вызывая яркой клинической симптоматики, так как МБТ не выделяют эндо- и экзотоксинов. Только по мере размножения МБТ и формирования повышенной чувствительности тканей к туберкулопротеинам возникают первые признаки инфицирования (положительная реакция на туберкулин). Это затрудняет диагностику туберкулезного теносиновита на ранних стадиях заболевания [18].

В нашем клиническом наблюдении развитие заболевания было неочевидным и вялотекущим. Пациент впервые обратился в медицинское уч-

реждение уже на третьей стадии заболевания по классификации A.V. Kanavel, когда на волярной поверхности кисти образовался дренирующий синус, увеличилась окружность кисти, а адгезия сухожилий затрудняла движение пальцев в полном объеме.

Существует несколько классических проявлений туберкулезного теносиновита: гигрома (ганглий) ладонной поверхности кисти и нижней трети предплечья, синдром карпального канала, изолированный теносиновит одного пальца, в литературе часто фигурирует термин “sausage finger”, что переводится как «палец-сосиска» [19, 20, 21, 22].

Изначально пациентов с теносиновитом туберкулезной этиологии может беспокоить безболезненное увеличение объема пальцев или кисти в сравнении с контралатеральной конечностью. Не визуализируются классические симптомы воспаления (эритема, гипертермия, болезненность) пораженного сегмента, также отсутствуют общесоматические проявления инфекционного процесса (повышение температуры тела, гиподинамия и пр.). По мере прогрессирования теносиновита и уменьшения пространства для сосудисто-нервных пучков появляются первые признаки нейропатии [7, 23].

Наиболее часто пациенты обращаются за помощью с клинической картиной компрессионной невропатии срединного нерва [7]. S. Hassanpour с соавторами сообщили о 12 случаях туберкулезного теносиновита сухожилий сгибателей у 1180 пациентов, прооперированных по поводу синдрома карпального канала. В 10 случаях интраоперационно наблюдались крупные «рисовые тела» в гипертрофированных синовиальных оболочках, у 2 больных измененные синовиальные оболочки были заполнены желтым экссудатом, ни в одном из наблюдений прямого поражения срединного нерва не отмечалось. У всех пациентов после хирургического лечения в сочетании с противотуберкулезной терапией достигнуто полное выздоровление [24].

Природа образования «рисовых тел» все еще является предметом дискуссий. Некоторые авторы считают данный феномен результатом хронического воспаления в тканях. Также существует теория, согласно которой «рисовые тела» образуются в результате фрагментации и отшнуровывания синовиальной оболочки вследствие повторяющихся локальных микроинфарктов на всем ее протяжении [3, 25, 26, 27].

От момента заражения до вышеперечисленных морфологических изменений в тканях проходит около двух лет. В среднем через три года происходит повреждение сухожилий, что ведет к их дегенеративному разрыву с клиническими проявлениями в виде нарушения функции в суставах пальцев

кисти. Одним из проявлений третьей стадии заболевания является формирование «дренирующего синуса», который представляет собой щелевидное отверстие на кожных покровах конечности (чаще ладонной поверхности кисти), сообщающееся с каналом сухожилий. Через синус периодически самопроизвольно эвакуируется содержимое синовиальных оболочек («рисовые тела», синовиальная жидкость). При отсутствии лечения процесс распространяется на кости конечности с развитием вторичного остеомиелита [23].

Клинический и биохимический анализы крови при диагностике данного заболевания часто неспецифичны: показатели могут соответствовать норме, в некоторых случаях наблюдается лейкопения, умеренное увеличение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) [20, 28].

Для уточнения диагноза чаще всего используют рентгенологическое исследование, КТ-, МРТ-исследования, УЗИ конечности. Первые два инструментальных метода наиболее эффективны при туберкулезе костей, однако на рентгенограммах можно выявить косвенные признаки теносиновита в виде увеличения объема мягких тканей. Наиболее информативно в диагностике данной патологии МРТ-исследование, которое подтверждает гипертрофию синовиальных оболочек, гранулематозное изменение сухожилий в промежуточном сигнале T1-взвешенных томограмм с контрастным усилением препаратами гадолиния и гиперинтенсивном сигнале T2-взвешенных томограмм, возможна верификация абсцесса и разрушение подлежащей кости, также обнаружение симптома «рисовых тел» [20, 28].

Представленный клинический случай, кроме исключительной редкости, интересен и тем, что его клинические проявления не были характерны ни для одного из вышеперечисленных классических форм заболевания (гигрома, синдром карпального канала, “sausage finger”). Поражение верхней конечности захватывало все каналы сгибателей пальцев и кисти от ногтевых фаланг до верхней трети предплечья, но при этом манифестировало в виде яркой картины нейропатии срединного или локтевого нервов, даже несмотря на уже имеющуюся зону фокальной констрикции по типу «песочных часов» срединного нерва, выявленную интраоперационно. Симптом «рисовых тел» — единственный косвенный признак теносиновита туберкулезной этиологии, который был выявлен в результате МРТ-исследования на этапе предоперационного обследования. Несмотря на вовлечение в процесс и полное повреждение на протяжении сухожилия поверхностного сгибателя II пальца, пациент не предъявлял жалоб на дисфункцию II пальца, видимо, за счет сохранности сухожилия глубокого сгибателя.

Подтверждение теносиновита туберкулезной этиологии возможно только при проведении микробиологического и гистологического исследований. Материал получают при помощи тонкоигольной аспирационной биопсии, прицельной биопсии пораженного участка, интраоперационной эксцизии измененных тканей. С использованием полученного образца проводят тест на кислотоустойчивые бактерии, посев, а также молекулярно-генетическое тестирование (ПЦР), гистологическое исследование; кроме того, определяют уровни аденозиндезаминазы в синовиальной жидкости [5]. Сложности диагностики заключаются в следующем: в результате гистологического исследования выявляют неказеозную гранулему, что можно ошибочно интерпретировать как саркоидоз; транспортировка биопсийного материала для посева в формалине практически исключает возможность обнаружения бактерий в препарате [5, 23].

Кроме того, диагностика туберкулезного теносиновита осложнена в связи с наличием многочисленных дифференциальных диагнозов, включая другие атипичные микобактериальные инфекции, сифилис, системную красную волчанку, пиогенные инфекции, бруцеллез, остеоартрит и ревматоидный артрит и пр. [2].

Наиболее опасна ошибочная интерпретация туберкулезного теносиновита как ревматологического заболевания, терапия которого в протоколах лечения включает в себя стероидные препараты. Назначение кортикостероидов ускоряет процесс повреждения мягких тканей вследствие инфекции *Mycobacterium tuberculosis* [17, 29].

Наш клинический случай демонстрирует диагностическую ценность ПЦР-исследования, с помощью которого был выявлен возбудитель и поставлен заключительный диагноз. В то же время результаты гистологического исследования подтвердили картину хронического воспаления тканей, что может быть интерпретировано как проявление нескольких десятков других заболеваний.

Лечение пациентов с теносиновитом туберкулезной этиологии включает тщательную радикальную синовэктомию всех измененных синовиальных оболочек, при вовлечении в процесс сухожилий необходимо их иссечение. Сразу после хирургического лечения следует прием комбинации препаратов, соответствующих стандартной противотуберкулезной терапии: изониазид, рифампицин, этамбутол и пипразинамид в течение 2 мес., затем изониазид и рифампицин в течение

4 мес. [19]. В ряде исследований рекомендован более длительный курс медикаментозного лечения, который иногда составляет до 18 мес. с момента операции [6, 30].

Р.Р. Kotwal и S.A. Khan сообщили об успешном консервативном лечении 75% пациентов и возвращении их к полноценной деятельности в среднем через 5 мес. после начала терапии [31]. Лечение туберкулеза редкой локализации остается спорным вопросом. Преимущественно авторы рекомендуют хирургическое лечение при неэффективности консервативного на второй или третьей стадии заболевания по классификации A. Kanavel [15, 19]. Ряд исследований считают, что сочетание хирургического лечения с противотуберкулезной терапией гарантирует стойкую ремиссию и удовлетворительный клинический результат [5, 19, 23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теносиновит, вызванный *Mycobacterium tuberculosis*, — редкое заболевание, требующее своевременной диагностики, выбора правильной тактики лечения и тщательного периоперационного планирования.

Данное клиническое наблюдение демонстрирует необходимость бдительности в отношении туберкулеза экстрапульмонарной локализации. Выявление факторов риска при изучении анамнестических данных пациента (наличие иммунопрометазирующих заболеваний, длительная иммуносупрессия, неблагоприятный социальный статус, употребление наркотиков и алкоголя) должны вызывать настороженность травматологов-ортопедов при выявлении теносиновита неясной этиологии.

На этапе сбора клинических данных при обнаружении теносиновита неясной этиологии необходимо назначение МРТ. Выявление симптома «рисовых тел» является показанием для выполнения биопсии с целью идентификации возбудителя до хирургического лечения. При подозрении на туберкулезную этиологию заболевания пациент должен быть проконсультирован и обследован у фтизиатра. Кроме рентгенограмм легких, необходимо выполнение КТ грудной клетки для анализа состояния лимфатических узлов, выявления или исключения первичного туберкулезного комплекса в легких и лимфатических узлах. Наличие у пациента нейропатии конечности, признаков второй или третьей стадии туберкулезного теносиновита по классификации A. Kanavel являются показанием к хирургическому лечению.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**Заявленный вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

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

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

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

Этическая экспертиза. Не применима.

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

DISCLAIMERS**Author contribution**

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

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

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

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Global tuberculosis report 2019. Geneva: World Health Organization; 2019. p. 7-9. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565714>.
- Baidoo P.K., Baddoo D., Ocloo A., Agbley D., Lartey S., Baddoo N.A. Tuberculous tenosynovitis of the flexor tendons of the wrist: A case report. *BMC Res Notes*. 2018;11(1):238. doi: 10.1186/s13104-018-3343-4.
- Yushan M., Yalikul A., Hamiti Y., Lu C., Yusufu A. Clinical features and treatment outcome of wrist tuberculosis in adult- a retrospective study of 84 consecutive cases with minimum of 2 years follow up. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):618. doi: 10.1186/s12891-022-05563-8.
- Regnard P.J., Barry P., Isselin J. Mycobacterial tenosynovitis of the flexor tendons of the hand. A report of five cases. *J Hand Surg Br*. 1996;21(3):351-354. doi: 10.1016/s0266-7681(05)80201-3.
- Gopaldaswamy R., Dusthacker V.N.A., Kannayan S., Subbian S. Extrapulmonary Tuberculosis – An Update on the Diagnosis, Treatment and Drug Resistance. *J Respir*. 2021;1(2):141-164. doi: 10.3390/jor1020015.
- Chan E., Bagg M. Atypical Hand Infections. *Orthop Clin North Am*. 2017;48(2):229-240. doi: 10.1016/j.OCL.2016.12.013.
- Ncogo Nsegue S.C.E., Benchakroun M., el Mokhtari K., Mamfoumbi N., el Agouri H., Bouabid S. Carpal tunnel syndrome secondary to extrapulmonary tuberculosis: a case report. *PAMJ Clinical Medicine*. 2022;9(2). doi: 10.11604/pamj-cm.2022.9.2.33477.
- Hogan J.I., Hurtado R.M., Nelson S.B. Mycobacterial Musculoskeletal Infections. *Infect Dis Clin North Am*. 2017;31(2):369-382. doi: 10.1016/j.idc.2017.01.007.
- Longardner K., Allen A., Ramgopal M. Spinal osteomyelitis due to Mycobacterium fortuitum in a former intravenous drug user. *BMJ Case Rep*. 2013;2013:bcr2013010326. doi: 10.1136/bcr-2013-010326.
- Ruggeri K., Ivanović N., Razum J., Kácha O., Menezes I.G., Zafari Z. et al. An evidence-based policy for improving choice in global health access through medical travel. *Health Policy*. 2018;122(12):1372-1376. doi: 10.1016/j.healthpol.2018.09.017.
- Ruggeri K., Hinrichs-Krapels S. Editorial: Global Health and Medical Travel. *Front Public Health*. 2016;4:235. doi: 10.3389/fpubh.2016.00235.
- Cheung I.K., Wilson A. Arthroplasty tourism. *Med J Aust*. 2007;187(11-12):666-667. doi: 10.5694/j.1326-5377.2007.tb01467.x.
- Winthrop K.L., Abrams M., Yakrus M., Schwartz I., Ely J., Gillies D. et al. An outbreak of mycobacterial furunculosis associated with footbaths at a nail salon. *N Engl J Med*. 2002;346(18):1366-1371. doi: 10.1056/NEJMoa012643.
- Kanavel A.B. Tuberculous tenosynovitis of the hand: A report of 14 cases. *Sur Gynecol Obstet*. 1923;37:635-647.
- Fatou C.N., Amadou B.A., Badara G.A., Badara D., Mohamedi D., Bertini D.C. Tuberculous Tenosynovitis of the Wrist and the Hand: The 3 Anatomico-Clinical Forms Described by Kanavel (About 4 Cases). *J Orthop Case Rep*. 2017;7(6):68-72. doi: 10.13107/JOCR.2250-0685.954.
- Shareef A.J., Sreehari C.K., Subbaraya Bhat, Nithin S. Extensors tenosynovitis of wrist with rupture of extensor digitorum: rare presentation of tuberculosis. *Int Surg J*. 2015:398-401. doi: 10.18203/2349-2902.isj20150508.
- Kendirci A.Ş., Akay H., Toroman M.S., Demirel M., Kızılkurt T., Ergin Ö.N. A rare presentation of musculoskeletal tuberculosis: tenosynovitis of the flexor tendons of the wrist and digits. *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*. 2020;83(4). doi: 10.26650/iuitfd.2020.0048.
- Wang T., Zhao G., Rui Y.J., Mi J.Y. Successfully treating hand primary tuberculous synovitis by synovectomy combined antituberculous therapy: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(8):e9938. doi: 10.1097/MD.0000000000009938.
- Suwannaphisit S., Ranong N.N. Tuberculous tenosynovitis of the Flexor Tendons of the hand and wrist: A case report and mini-review. *Ann Med Surg (Lond)*. 2020;57:249-252. doi: 10.1016/j.amsu.2020.07.061.
- Reddy G.P., Upadhyaya D.N., Jaiswal R., Goel M.M. 'Sausage finger' with 'Rice bodies'. *Indian J Plast Surg*. 2018;51(1):93-97. doi: 10.4103/ijps.IJPS_202_16.
- Fahad S., Baloch N., Din N.U. Tuberculosis of the flexor carpi radialis muscle – a case report. *J Pak Med Assoc*. 2020;70(9):1645-1647. doi: 10.5455/JPMA.40799.

22. Cohen-Tanugi S., Wright M.L., Kadiyala R.K. Flexor Tenosynovitis of the Hand Caused by Mycobacterium tuberculosis. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2018;2(4):e083. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-17-00083.
23. Wolfe S.W., Pederson W.C., Kozin S.H., Cohen M.S. Green's Operative Hand Surgery. 8th ed. Elsevier; 2022. Ch. 3. p. 108-119.
24. Hassanpour S.E., Gousheh J. Mycobacterium tuberculosis-induced carpal tunnel syndrome: management and follow-up evaluation. *J Hand Surg Am.* 2006;31(4):575-579. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.01.018.
25. Cegarra-Escolano M., Jaloux C., Camuzard O. Rice-body formation without rheumatic disease or tuberculosis in a «sausage» ring finger. *Hand Surg Rehabil.* 2018;S2468-1229(18)30067-7. doi: 10.1016/j.hansur.2018.03.005.
26. Woon C.Y., Phoon E.S., Lee J.Y., Puhaindran M.E., Peng Y.P., Teoh L.C. Rice bodies, millet seeds, and melon seeds in tuberculous tenosynovitis of the hand and wrist. *Ann Plast Surg.* 2011;66(6):610-617. doi: 10.1097/SAP.0b013e3181e35ca5.
27. Bayram S., Erşen A., Altan M., Durmaz H. Tuberculosis tenosynovitis with multiple rice bodies of the flexor tendons in the wrist: A case report. *Int J Surg Case Rep.* 2016;27:129-132. doi: 10.1016/j.ijscr.2016.08.021.
28. Tomori Y., Mochizuki T., Ohno H., Nanno M., Majima T. Purulent Flexor Tendon Rupture of the Hand due to Mycobacterium abscessus Infection: A Case Report and Review of the Literature. *J Nippon Med Sch.* 2022;89(3):347-354. doi: 10.1272/JNMS.JNMS.2022_89-110.
29. Can F.K., Tuncer K., Çankaya B.Y. Tuberculosis tenosynovitis: A rare case report. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2021;54:e0524-2020. doi: 10.1590/0037-8682-0524-2020.
30. Hogan J.I., Hurtado R.M., Nelson S.B. Mycobacterial Musculoskeletal Infections. *Infect Dis Clin North Am.* 2017;31(2):369-382. doi: 10.1016/j.idc.2017.01.007.
31. Kotwal P.P., Khan S.A. Tuberculosis of the hand: clinical presentation and functional outcome in 32 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(8):1054-1057. doi: 10.1302/0301-620X.91B8.22074.

Сведения об авторах

✉ Абдиба Нино Важаевна

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
ул. Академика Байкова, д. 8
<https://orcid.org/0000-0001-9152-5299>
e-mail: ninoabdiba@gmail.com

Любовь Анатольевна Родманова — д-р мед. наук,
профессор

<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>
e-mail: rodmanovaliubov@yandex.ru

Золотухина Инна Юрьевна

<https://orcid.org/0000-0001-6278-7783>
e-mail: Zolotuhinai@mail.ru

Authors' information

✉ Nino V. Abdiba

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
Russia
<https://orcid.org/0000-0001-9152-5299>
e-mail: ninoabdiba@gmail.com

Lyubov A. Rodomanova — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-2402-7307>
e-mail: rodmanovaliubov@yandex.ru

Inna Yu. Zolotukhina

<https://orcid.org/0000-0001-6278-7783>
e-mail: Zolotuhinai@mail.ru



Увеличение кальцината сухожилия надостной мышцы: два клинических случая

М.С. Рязанцев^{1,2}, А.А. Ольчев^{1,3}, А.Н. Логвинов¹, А.В. Фролов^{1,2}, П.С. Андреев^{1,2},
А.В. Королев^{1,2}

¹ Европейский медицинский центр, Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), г. Москва, Россия

² ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

³ ГБУ РО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», г. Рязань, Россия

Реферат

Актуальность. Кальцинирующий тендинит (КТ) является распространенным заболеванием, характеризующимся отложением депо кальция в сухожилиях вращательной манжеты плечевого сустава. КТ свойственно волнообразное течение, а сформированный кальцинат имеет тенденцию к рассасыванию. Лизис депо кальция характеризуется сильным болевым синдромом, а место кальцината замещается коллагеном.

Целью данной работы было продемонстрировать клинические наблюдения, в которых депонированный кальцинат вращательной манжеты не рассасывался, а увеличивался со временем.

Описание случаев. В работе приведены два редких клинических случая увеличения кальцината вращательной манжеты у пациенток 51 и 50 лет. Кальцинирующий тендинит протекал с периодами ремиссии и обострений. Во время обострений проводилось консервативное лечение, которое включало курсы массажа, физиотерапии, обезболивающую терапию. В одном случае однократно выполнялась инъекция гормонального препарата. На контрольных рентгенограммах и МРТ во время одного из обострений было отмечено увеличение размеров кальцинатов. Ввиду отсутствия эффекта от консервативной терапии, а также выявленного увеличения кальцинатов принято решение о хирургическом лечении. Обоим пациенткам выполнено артроскопическое удаление кальцинатов с рефиксацией сухожилия вращательной манжеты и устранением внутренних повреждений. На контрольном осмотре отмечены хорошие результаты по ортопедической шкале ASES, а также данным клинического осмотра.

Заключение. Представленные клинические случаи иллюстрируют возможное увеличение кальцината в отличие от стандартного течения заболевания, при котором кальцинат рассасывается. Необходимо продолжить изучение данной патологии для установления причин и механизмов увеличения кальцината с течением времени и его зависимости от фазы заболевания.

Ключевые слова: кальцинирующий тендинит, вращательная манжета, кальцинат вращательной манжеты.

Для цитирования: Рязанцев М.С., Ольчев А.А., Логвинов А.Н., Фролов А.В., Андреев П.С., Королев А.В. Увеличение кальцината сухожилия надостной мышцы: два клинических случая. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):110-117. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-5561>.

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

Рукопись получена: 14.02.2023. Рукопись одобрена: 27.03.2023. Статья опубликована онлайн: 24.04.2023.

© Рязанцев М.С., Ольчев А.А., Логвинов А.Н., Фролов А.В., Андреев П.С., Королев А.В., 2023



Progressive Calcification of Supraspinatus Tendon in Patients With Calcific Tendinitis: Two Case Reports

Mikhail S. Ryazantsev^{1,2}, Aleksander A. Olchev^{1,3}, Aleksei N. Logvinov¹, Aleksandr V. Frolov^{1,2}, Pavel S. Andreev^{1,2}, Andrey V. Korolev^{1,2}

¹ *European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics (ECSTO), Moscow, Russia*

² *RUDN University, Moscow, Russia*

³ *City Clinical Emergency Hospital, Ryazan, Russia*

Abstract

Background. Calcific tendinitis (CT) is a common disease characterized by the presence of calcific deposits in the tendons of the rotator cuff. CT has a wave-like course, and the formed calcification tends to be resorbed. The lysis of the calcium deposits is characterized by a strong pain syndrome, and the site of the calcification is replaced by collagen.

The aim – to demonstrate clinical observations in which the deposited calcification in the rotator cuff did not resorb but increased over time.

Cases presentation. We report on two rare clinical cases of an increase in calcification of the rotator cuff in patients aged 51 and 50 years old. Calcific tendinitis occurred with periods of remission and exacerbation. During exacerbations, conservative treatment was carried out, including courses of massage, physiotherapy, and pain relief therapy. In one case, a single injection of a hormonal drug was performed. Control X-rays and MRI during one of the exacerbations showed an increase in the size of the calcifications. Due to the lack of effect from conservative treatment and the detected increase in calcifications, a decision was made to perform surgical treatment. Arthroscopic removal of calcifications with re-fixation of the supraspinatus tendon and elimination of internal damage was performed on both patients. Good results were noted on the follow-up examination according to the ASES orthopedic score, as well as clinical examination data.

Conclusion. The presented case reports illustrate the possible increase in calcification, unlike the standard course of the disease, in which the calcification is resorbed. Further study of this pathology is necessary to establish the causes and mechanisms of calcification increase over time and its dependence on the phase of the disease.

Keywords: calcific tendinitis, rotator cuff, calcification of the rotator cuff.

Cite as: Ryazantsev M.S., Olchev A.A., Logvinov A.N., Frolov A.V., Andreev P.S., Korolev A.V. Progressive Calcification of Supraspinatus Tendon in Patients With Calcific Tendinitis: Two Case Reports. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):110-117. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-5561>.

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

Submitted: 14.02.2023. Accepted: 27.03.2023. Published Online: 24.04.2023.

© Ryazantsev M.S., Olchev A.A., Logvinov A.N., Frolov A.V., Andreev P.S., Korolev A.V., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Кальцинирующий тендинит (КТ) является распространенным заболеванием, характеризующимся отложением кальция в сухожилиях вращательной манжеты плечевого сустава [1]. КТ чаще встречается у женщин (до 79%) в среднем возрасте 55 лет (от 31 до 87 лет) [2].

Депонирование происходит преимущественно в сухожилии надостной мышцы (51–90%) [2, 3], но также встречается и в других сухожилиях вращательной манжеты. По данным литературы, при гистологическом исследовании отложений выявлен карбонатно-кальциевый апатит [4, 5]. Осложнениями КТ являются адгезивный капсулит, разрыв вращательной манжеты, а также лизис большого бугорка плечевой кости [2, 6].

КТ является самой частой причиной острой боли в плечевом суставе без предшествующей травмы [1, 6].

Выделяют три стадии КТ. Первая стадия — стадия прекальцината, при которой происходят клеточные изменения, предрасполагающие ткани к развитию отложений кальция. Вторая — кальцифицирующая стадия, при которой кальций выводится из клеток, а затем объединяется в отложения. После образования кальцификации начинается фаза покоя, которая может длиться разное время и является безболезненной. После фазы покоя начинается наиболее болезненная — резорбтивная фаза. Третья стадия — посткальцинирующая, при которой депо кальция рассасывается, а место его образования замещается тканью [1].

Длительность проявления клинических симптомов значительно варьируется, поскольку нельзя предсказать продолжительность заболевания. Некоторые пациенты страдают от повторяющихся симптомов, иногда в течение многих лет, у других наблюдается спонтанное выздоровление после единичного приступа боли [7, 8].

КТ является самокупирующимся заболеванием [5, 7, 9]. Систематический обзор М. Loew с соавторами показал, что депонированный кальций имеет тенденцию к рассасыванию в течение 1–3 лет [7]. Описаны случаи миграции кальцината в мышцу и головку плечевой кости, прогрессирования дегенерации головки плечевой кости на фоне кальцинации [10, 11]. На данный момент нет единой концепции лечения пациентов с данной патологией, применяются как консервативные, так и оперативные методы [12].

Целью данной работы было показать клинические примеры, в которых депонированный кальцинат вращательной манжеты со временем не рассасывался, а увеличивался.

Клинический случай 1

В 2016 г. пациентка в возрасте 51 года обратилась в Европейскую клинику спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO) по поводу болевого синдрома в правом плечевом суставе. После осмотра травматологом-ортопедом была направлена на обследование. Был выявлен КТ сухожилия надостной мышцы. Рекомендовано консервативное лечение: реабилитационная терапия, НПВП, ортопедический режим. На фоне проведенного лечения пациентка отметила улучшение — снижение боли по ВАШ до 0–1 балла. Следующее обострение произошло в мае 2022 г. с постепенным прогрессированием боли до 7–8 баллов по ВАШ.

После клинического осмотра и анализа результатов контрольных исследований ввиду увеличения депо кальция и прогрессирования клинических симптомов пациентке было рекомендовано оперативное лечение.

Динамика увеличения кальцината у пациентки 1 показана на рисунке 1.

Размеры кальцината по данным рентгенографии в 2016 г. — 9,2×2,7×10,0 мм; в 2022 г. — 31,4×6,3×10,1 мм. По данным МРТ в 2016 г. — 10,1×4,2×9,6 мм; в 2022 г. — 25,1×3,0×1,1 мм.

Согласно рентгенологической классификации В.М. Bosworth [13] произошло увеличение кальцината от среднего размера (до 1,5 см) до большого (>1,5 см). По рентгенологической классификации J. Gärtner и A. Neyer [14] кальцинат соответствовал типу 1 — кальцинат ограниченный, плотный. По МР-классификации М. Loew с соавторами [15] КТ соответствовал типу В — плотный, разделенный, с чистыми контурами.

В мае 2022 г. под общей анестезией в положении пациентки на боку из стандартных артроскопических портов выполнен осмотр плечевого сустава. Выявлены сужение субакромиального пространства, разрыв верхних волокон сухожилия подлопаточной мышцы, подвывих сухожилия длинной головки двуглавой мышцы, остеофит головки плечевой кости.

Выполнена тщательная бурсэктомия с визуализацией сухожильно-мышечного перехода вращательной манжеты. Под визуальным контролем определены признаки наличия кальцината в сухожилии надостной мышцы. Расположение кальцината подтверждено под контролем С-дуги. В области кальцината выполнено рассечение волокон сухожилия надостной мышцы со стороны субакромиального пространства на протяжении 10 мм. Визуализировано скопление белой субстанции замазкообразной консистенции. Выполнено удаление кальцината. Резидуальный дефицит

сухожилия составил 15×10 мм. Выполнена рефиксация сухожилия однорядным швом. Ввиду выявленных дополнительных изменений в суставе выполнены субклювовидная декомпрессия, коракопластика, рефиксация сухожилия подлопаточной мышцы, тенodes сухожилия длинной головки двуглавой мышцы, субакромиальная декомпрессия, акромиопластика, туберопластика правого плечевого сустава (рис. 2).

В послеоперационном периоде пациентка использовала отводящую повязку в течение 6 нед. С 4-й нед. была разрешена пассивная разработка движений в плечевом суставе.

Динамика состояния плечевого сустава по валидированной шкале ASES [16] представлена на рисунке 3.

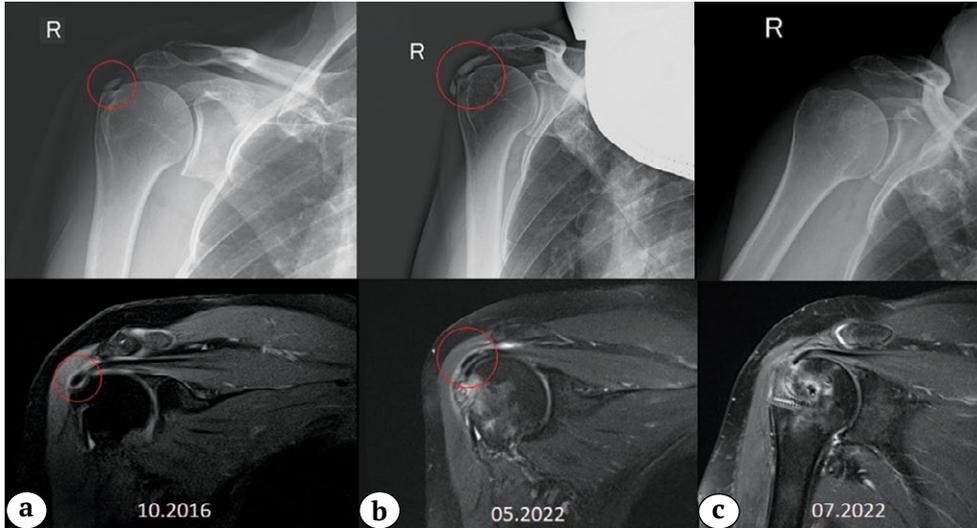


Рис. 1. Клинический случай 1. Динамика увеличения кальцината вращательной манжеты по данным рентгенографии в прямой проекции и МРТ в прямой плоскости в режиме PD: а — первичное обращение: кальцинат сухожилия надостной мышцы; б — увеличение кальцината через 6 лет; с — плечевой сустав после удаления депо кальция, рефиксации вращательной манжеты. Красная окружность — расположение кальцината

Fig. 1. Case 1. Dynamics of the increase in calcification of the rotator cuff according to X-ray and MRI in the PD mode: a — initial visit: calcification of the supraspinatus tendon; b — increase in calcification after 6 years; c — shoulder joint after removal of the calcium deposit and refixation of the rotator cuff. Red circle — location of the calcification

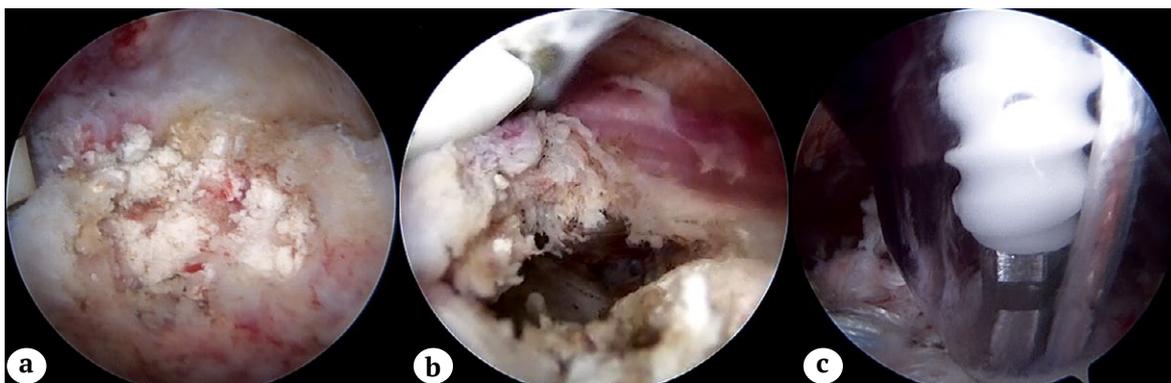


Рис. 2. Клинический случай 1. Артроскопическое удаление кальцината с последующей рефиксацией сухожилия вращательной манжеты: а — депо кальция в сухожилии надостной мышцы; б — депо кальция удалено, неполнослойный разрыв сухожилия надостной мышцы; с — установка фиксирующего анкера

Fig. 2. Case 1. Arthroscopic removal of calcification with subsequent refixation of the rotator cuff: a — calcium deposit in the supraspinatus tendon; b — calcium deposit removed, partial tear of the supraspinatus tendon; c — installation of a fixing anchor

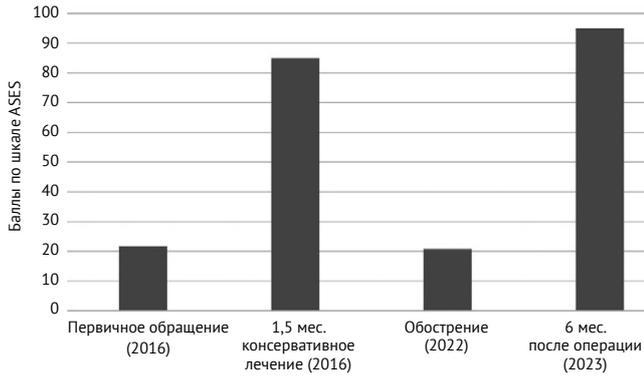


Рис. 3. Клинический случай 1. Динамика показателей по шкале ASES

Fig. 3. Case 1. Dynamics of indicators according to the ASES

Клинический случай 2

Пациентка в возрасте 50 лет обратилась в 2016 г. в Европейскую клинику спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO) с жалобами на боли (8 баллов по ВАШ) в правом плечевом суставе. На фоне проведенного консервативного лечения (реабилитационная терапия, НПВП) отмечался положительный эффект в течение 6 мес. Повторное обострение и появление боли произошло в мае 2018 г. На фоне повторного консервативного ле-

чения и введения дипроспана интраартикулярно и субакромиально был достигнут положительный эффект, продолжавшийся 4 года. Динамика увеличения кальцината показана на рисунке 4. Размеры кальцината по данным рентгенографии в 2016 г. — 7,9×5,3×9,6 мм; в 2018 г. — 9,6×4,2×10,5 мм; в 2022 г. — 16,5×6,1×17,9 мм.

По рентгенологической классификации В.М. Bosworth произошло увеличение кальцината от среднего размера (до 1,5 см) до большого (>1,5 см). По рентгенологической классификации J. Gärtner и А. Neuer кальцинат соответствовал типу 1 — кальцинат ограниченный, плотный. По МР-классификации М. Loew с соавторами он соответствовал типу В — плотный, разделенный, с чистыми контурами. Размеры кальцината по данным МРТ в 2016 г. — 9,7×3,8×8,2 мм; в 2018 г. — 12,4×4,7×7,7 мм; в 2022 г. — 17,3×4,1×16,4 мм.

Вследствие рецидивирования болевых ощущений и увеличения депо кальция пациентке было рекомендовано оперативное лечение.

Под общей анестезией в положении пациентки на боку выполнена артроскопическая ревизия правого плечевого сустава. Выявлены подвывих сухожилия длинной головки двуглавой мышцы и разрыв верхних волокон подлопаточной мышцы. Удаление кальцината и его визуализация выполнялись по методике, описанной

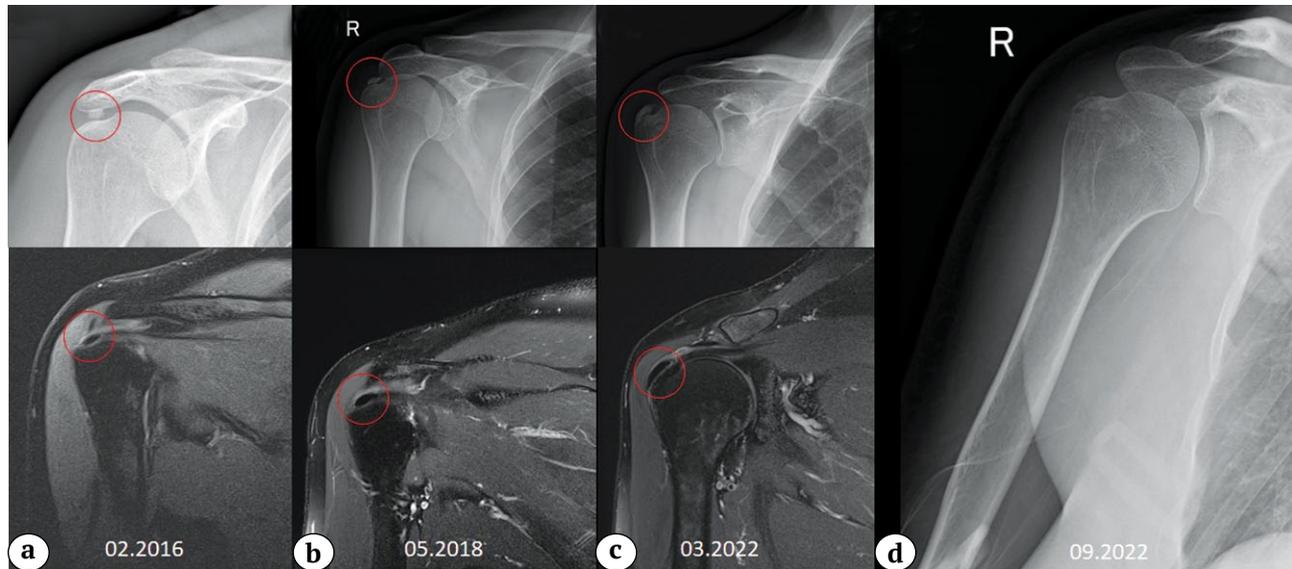


Рис. 4. Клинический случай 2. Динамика увеличения кальцината вращательной манжеты по данным рентгенографии в прямой проекции и МРТ в прямой плоскости в режиме PD: а — при первичном обращении (кальцинат сухожилия надостной мышцы); б, с — увеличение кальцината; д — рентгенограмма плечевого сустава после удаления депо кальция. Красная окружность — расположение кальцината

Fig. 4. Case 2. Dynamics of the increase in calcification of the rotator cuff according to X-ray and MRI in the PD mode: a — at the initial visit (calcification of the supraspinatus tendon); b, c — increase in calcification; d — X-ray of the shoulder joint after removal of the calcium deposit. Red circle — location of the calcification

в предыдущем клиническом наблюдении. Ввиду наличия неполнослойного дефекта вращательной манжеты после удаления депо кальция выполнена рефиксация сухожилия надостной мышцы однорядным швом. По причине выявленных дополнительных изменений в суставе выполнены тенodes сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча в проксимальных отделах

межбугорковой борозды, рефиксация сухожилия подлопаточной мышцы (один П-образный шов), субакромиальная декомпрессия правого плечевого сустава (рис. 5).

Послеоперационный протокол был аналогичен описанному в первом клиническом наблюдении.

Динамика показателей по шкале ASES у пациентки 2 показана на рисунке 6.

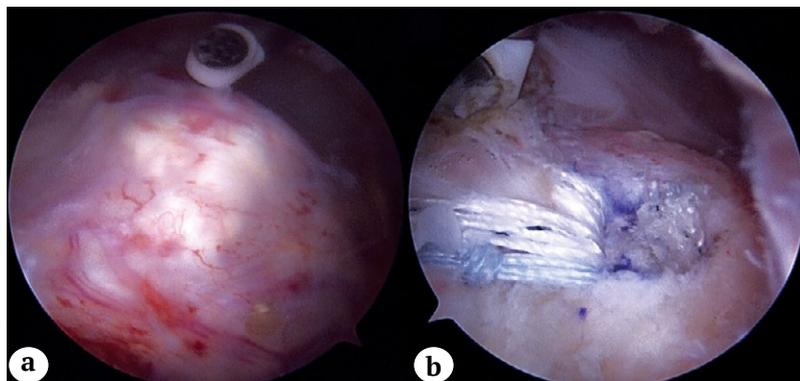


Рис. 5. Клинический случай 2. Кальцинирующий тендинит сухожилия надостной мышцы:
а — кальцинат;
b — рефиксированное сухожилие надостной мышцы после удаления депо кальция

Fig. 5. Case 2. Calcific tendinitis of the supraspinatus tendon:
a — calcification;
b — refixed supraspinatus tendon after removal of the calcium deposit

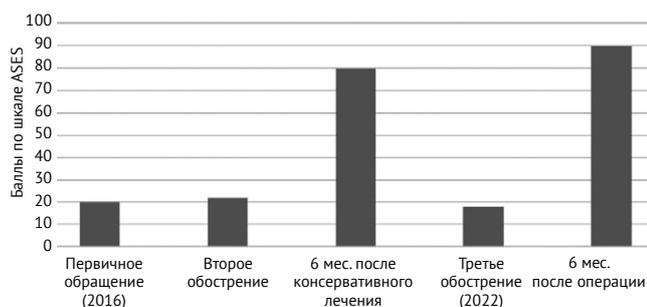


Рис. 6. Клинический случай 2. Динамика показателей по шкале ASES

Fig. 6. Case 2. Dynamics of indicators according to the ASES

ОБСУЖДЕНИЕ

КТ сухожилий вращательной манжеты встречается часто и является основной причиной боли в плечевом суставе без предшествующего травматического фактора [1, 2, 3, 7]. Например, частота встречаемости разрыва вращательной манжеты при КТ у жителей Кореи составляет до 15% [2].

На данный момент механизм и причины образования КТ неизвестны [17]. Выделяют несколько возможных причин, таких как микротравматизация сухожилия, а также различные нарушения обмена.

В мировой литературе много данных о том, что КТ имеет волнообразное течение, а сформированный кальцинат имеет тенденцию к рассасыванию [1, 5, 7, 8, 9, 17]. Лизис депо кальция характеризуется сильным болевым синдромом, а место кальцината замещается коллагеном [5].

В нашем сообщении представлено два клинических случая увеличения кальцината вращательной манжеты. Заболевание протекало с периодами обострения и выраженного болевого синдрома.

По данным литературы, часть пациентов с КТ нуждаются в проведении хирургического лечения ввиду выраженного болевого синдрома и отсутствия эффекта от консервативного лечения [7, 8]. Возможно, именно увеличение кальцината с течением времени приводит к обострению болевых ощущений.

Артроскопическое удаление кальцината является оптимальным методом лечения при отсутствии эффекта от консервативного лечения [18, 19]. Хирургическое лечение КТ в сроки наблюдения от 1 до 5 лет показывает хорошие отдаленные результаты с низким количеством осложнений [20].

В обоих описанных нами клинических случаях после удаления кальцината был выявлен неполнослойный разрыв сухожилия надостной мышцы, вследствие чего была выполнена его рефиксация.

Отдаленные результаты лечения пациентов в описанных нами клинических случаях схожи с опубликованными в литературе. Так, в исследовании С.Н. Cho с соавторами баллы по шкале ASES увеличились более чем на 75% через 6 мес. после лечения [18]. В работе J.J. Ernat с соавторами отмечено улучшение результатов по шкале ASES с 59,4 до 88,0 баллов в сроки наблюдения не менее 2 лет [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кальцинирующий тендинит является многофакторным заболеванием с фазовым характером течения. Нами представлены два клинических случая увеличения кальцината вращательной манжеты. При отсутствии эффекта от консервативного

лечения рекомендовано хирургическое удаление кальцината, которое показывает хорошие результаты. Необходимо продолжить изучение данной патологии для установления причин и механизмов увеличения кальцината с течением времени и зависимости от фазности 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.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

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

DISCLAIMERS

Author contribution

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

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Umamahesvaran B., Sambandam S.N., Mounasamy V., Gokulakrishnan P.P., Ashraf M. Calcifying Tendinitis of Shoulder: A Concise Review. *J Orthop.* 2018;15(3):776-782. doi: 10.1016/j.jor.2018.05.040.
- Yoo Y.S., Park J.Y., Kim M.S., Cho N.S., Lee Y.B., Cho S.H. et al. Calcific tendinitis of the shoulder in the Korean population: demographics and its relation with coexisting rotator cuff tear. *Clin Shoulder Elb.* 2021;24(1):21-26. doi: 10.5397/cise.2020.00010.
- Gosens T., Hofstee D.J. Calcifying tendinitis of the shoulder: Advances in imaging and management. *Curr Rheumatol Rep.* 2009;11(2):129-134. doi: 10.1007/s11926-009-0018-0.
- Hamada J., Tamai K., Ono W., Saotome K. Does the nature of deposited basic calcium phosphate crystals determine clinical course in calcific periarthritis of the shoulder. *J Rheumatol.* 2006;33(2):326-332.
- Darrieutort-Laffite C., Blanchard F., Le Goff B. Calcific tendonitis of the rotator cuff: From formation to resorption. *Joint Bone Spine.* 2018;85(6):687-692. doi: 10.1016/j.jbspin.2017.10.004.
- Merolla G., Bhat M.G., Paladini P., Porcellini G. Complications of calcific tendinitis of the shoulder: a concise review. *J Orthop Traumatol.* 2015;16(3):175-183. doi: 10.1007/s10195-015-0339-x.
- Loew M., Schnetzke M., Lichtenberg S. Current treatment concepts of calcifying tendinitis of the shoulder. *Obere Extremit.* 2021;16(2):85-93. doi: 10.1007/s11678-020-00620-x.
- Kim M.S., Kim I.W., Lee S., Shin S.J. Diagnosis and treatment of calcific tendinitis of the shoulder. *Clin Shoulder Elb.* 2020;23(4):210-216. doi: 10.5397/cise.2020.00318.
- Butarbutar J.C.P. Calcific Tendinitis: Limited Role of Surgery [Internet]. In: *Tendons – Trauma, Inflammation, Degeneration, and Treatment.* IntechOpen; 2022 [cited 2023 Feb 2]. doi: 10.5772/intechopen.107511.
- Kalayci C.B., Kizilkaya E. Calcific tendinitis: intramuscular and intraosseous migration. *Diagn Interv Radiol.* 2019;25(6):480-484. doi: 10.5152/dir.2019.18593.
- Hutchinson J., Gusberty D., Saab G. Changing appearance of intraosseous calcific tendinitis in the shoulder with time: A case report. *Radiol Case Rep.* 2019;14(10):1267-1271. doi: 10.1016/j.radcr.2019.07.021.
- Chianca V., Albano D., Messina C., Midiri F., Mauri G., Aliprandi A. et al. Rotator cuff calcific tendinopathy: from diagnosis to treatment. *Acta Biomed.* 2018; 89(1-S):186-196. doi: 10.23750/abm.v89i1-S.7022.
- Bosworth B.M. Calcium deposits in the shoulder and subacromial bursitis: a survey of 12,122 shoulders. *J Am Med Assoc.* 1941;116(22):2477-2482. doi: 10.1001/jama.1941.02820220019004.
- Gärtner J., Heyer A. Calcific tendinitis of the shoulder. *Orthopade.* 1995;24(3):284-302. (In German).
- Loew M., Sabo D., Mau H., Perlick L., Wehrle M. Proton spin tomography imaging of the rotator cuff in calcific tendinitis of the shoulder. *Z Für Orthop Ihre Grenzgeb.* 1996;134(04):354-359. (In German). doi: 10.1055/s-2008-1039774.

16. Ильин Д.О., Макарьева О.В., Макарьев М.Н., Логвинов А.Н., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С. и др. Кросс-культурная адаптация и валидация стандартизированной шкалы American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(1):116-126. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-116-126. Il'in D.O., Makarieva O.V., Makariev M.N., Logvinov A.N., Magnitskaya N.E., Ryazantsev M.S. et al. American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Assessment Form: Russian Cross-Cultural Adaptation and Validation. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(1):116-126. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-116-126.
17. Greis A.C., Derrington S.M., McAuliffe M. Evaluation and Nonsurgical Management of Rotator Cuff Calcific Tendinopathy. *Orthop Clin North Am*. 2015;46(2):293-302. doi: 10.1016/j.ocl.2014.11.011.
18. Cho C.H., Bae K.C., Kim B.S., Kim H.J., Kim D.H. Recovery pattern after arthroscopic treatment for calcific tendinitis of the shoulder. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106(4):687-691. doi: 10.1016/j.otsr.2020.03.005.
19. Silva R., Pimentel A., Gutierrez M. Calcific Tendinopathy of the Rotator Cuff. Current Solutions. *Prog Orthop Sci*. 2020;1-8. doi: 10.47363/POS/20201004. Available from: https://www.researchgate.net/publication/346659367_Calcific_Tendinopathy_of_the_Rotator_Cuff_Current_Solutions_ARTICLE_HISTORY.
20. Verstraelen F.U., Fievez E., Janssen L., Morrenhof W. Surgery for calcifying tendinitis of the shoulder: A systematic review. *World J Orthop*. 2017;8(5):424-430. doi: 10.5312/wjo.v8.i5.424.
21. Ernat J.J., Rakowski D.R., Casp A.J., Horan M.P., Millett P.J. Results of arthroscopic rotator cuff repair for calcific tendonitis: a comparative analysis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2022;31(3):616-622. doi: 10.1016/j.jse.2021.08.007.

Сведения об авторах

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

Ольчев Александр Александрович
<https://orcid.org/0000-0001-5081-8319>
e-mail: olchevshoulder@gmail.com

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

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

Андреев Павел Сергеевич
<https://orcid.org/0000-0002-5750-626X>
e-mail: pandreev@emcmos.ru

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

Authors' information

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

Aleksander A. Olchev
<https://orcid.org/0000-0001-5081-8319>
e-mail: olchevshoulder@gmail.com

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

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

Pavel S. Andreev
<https://orcid.org/0000-0002-5750-626X>
e-mail: pandreev@emcmos.ru

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



Миграция спицы Киршнера в мочевой пузырь: клинический случай

А.О. Фарйон¹, Р.В. Паськов^{1,2}, Д.В. Душин², А.Ю. Базаров¹, А.Н. Прокопьев¹

¹ ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2», г. Тюмень, Россия

² ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр им. В.В. Тетюхина», г. Нижний Тагил, Россия

Реферат

Актуальность. Миграция спиц Киршнера является опасным осложнением остеосинтеза, особенно при их смещении в смежные анатомические зоны. Предпринимаемые меры профилактики не исключают возникновения этого осложнения.

Цель исследования — обратить внимание врачей на возможность бессимптомной миграции спицы Киршнера в мочевой пузырь после остеосинтеза перелома шейки бедренной кости пучком спиц.

Описание случая. Мы представляем клинический случай лечения 70-летней пациентки с бессимптомной миграцией спицы Киршнера в мочевой пузырь и полость тазобедренного сустава, наступившей через 5 лет после первичной операции по поводу перелома шейки левой бедренной кости. Для лечения осложнения симультанно использовали комбинацию эндоскопического удаления инородного тела из мочевого пузыря и открытого удаления из тазобедренного сустава с последующим тотальным эндопротезированием. Оперативное вмешательство прошло без осложнений. На следующие сутки после операции пациентка приступила к реабилитационным мероприятиям.

Заключение. Выполнение остеосинтеза необходимо завершать мерами профилактики переломов фиксатора и его миграции. Требуется динамическое наблюдение за пациентом в течение периода лечения с проведением всех необходимых методов контроля (рентгенография, КТ, ультразвуковое исследование и т.д.). В случае перелома спицы и/или ее миграции необходимо незамедлительно удалить спицу. После сращения перелома или окончания сроков фиксации вывиха также спицы следует удалять. Профилактические мероприятия позволяют предупредить миграцию спиц Киршнера и связанные с ней осложнения.

Ключевые слова: остеосинтез шейки бедренной кости, спицы Киршнера, миграция спиц, ложный сустав шейки бедренной кости.

 **Для цитирования:** Фарйон А.О., Паськов Р.В., Душин Д.В., Базаров А.Ю., Прокопьев А.Н. Миграция спицы Киршнера в мочевой пузырь: клинический случай. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):118-125. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-6610>.

 Фарйон Алексей Олегович; e-mail: farionalexey@mail.ru

Рукопись получена: 22.02.2023. Рукопись одобрена: 04.04.2023. Статья опубликована онлайн: 19.04.2023.

© Фарйон А.О., Паськов Р.В., Душин Д.В., Базаров А.Ю., Прокопьев А.Н., 2023



Migration of a Kirschner Wire Into the Urinary Bladder: A Case Report

Aleksei O. Farion¹, Roman V. Paskov^{1,2}, Denis V. Dushin², Alexander Yu. Bazarov¹,
Aleksey N. Prokopev¹

¹ Tyumen Regional Hospital No 2, Tumen, Russia

² Tetyukhin Ural Clinical Center for Treatment and Rehabilitation, Nizhny Tagil, Russia

Abstract

Background. Migration of Kirschner wires is a dangerous complication of osteosynthesis, especially when they displace into adjacent anatomical areas. Preventive measures do not eliminate the possibility of this complication.

Aim of the study — to draw physicians' attention to the possibility of asymptomatic migration of a Kirschner wire into the bladder after osteosynthesis of a femoral neck fracture with a bundle of wires

Case presentation. We present a case report of a 70-year-old patient with asymptomatic migration of Kirschner wires into the bladder and hip joint cavity, which occurred 5 years after the primary surgery for the fracture of the left femoral neck. To manage the complication, a combination of endoscopic removal of the foreign body from the bladder and open removal from the hip joint followed by total hip replacement were used simultaneously. The surgical intervention was performed without any complications. The patient began rehabilitation the next day after the surgery.

Conclusion. Osteosynthesis should be supplemented with preventive measures against the fracture of fixator and its migration. The patient must be dynamically followed up during the treatment period with all necessary monitoring methods (X-ray, CT scan, ultrasound, etc.). In case of wire fracture and/or migration, it must be removed immediately. Once the fracture has healed or the period of fixation of the dislocation is over, the wires should also be removed. Preventive measures can avoid the migration of Kirschner wires and related complications.

Keywords: femoral neck osteosynthesis, Kirschner wires, migration of wires, pseudoarthrosis of the femoral neck.

Cite as: Farion A.O., Paskov R.V., Dushin D.V., Bazarov A.Yu., Prokopev A.N. Migration of a Kirschner Wire Into the Urinary Bladder: A Case Report. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):118-125. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-6610>.

✉ Aleksei O. Farion; e-mail: farionalexey@mail.ru

Submitted: 22.02.2023. Accepted: 04.04.2023. Published Online: 19.04.2023.

© Farion A.O., Paskov R.V., Dushin D.V., Bazarov A.Yu., Prokopev A.N., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Спицы Киршнера широко применяются в современной травматологии для фиксации переломов различной локализации. Они используются и как самостоятельные фиксатор, и как вспомогательный инструментарий: направляющая спица, временная фиксация и т.д. Благодаря своим техническим характеристикам (небольшой диаметр и гладкая поверхность) спицы просты в применении, однако часто возникают их усталостные переломы и миграция. В литературе описаны случаи миграции спиц Киршнера после остеосинтеза ключицы [1, 2], плечевой кости [3], грудины [4], бедренной кости [5, 6], восстановления акромиально-ключичного сочленения [7, 8, 9, 10, 11]. Локализация сместившегося фиксатора при этом варьирует от субарахноидального пространства до брюшной полости: описаны миграции в сердце, легкие, средостение, аорту, позвоночный канал и мочевой пузырь [12, 13, 14, 15, 16, 17]. Нередко сместившееся инородное тело приводило к фатальным повреждениям внутренних органов.

Мы также располагаем опытом лечения данного осложнения. В нашем клиническом случае миграция спицы не беспокоила пациентку много лет и была диагностирована случайно.

Цель исследования — обратить внимание врачей на возможность бессимптомной миграции спицы Киршнера в мочевой пузырь после остеосинтеза перелома шейки бедренной кости пучком спиц.

Клинический случай

Пациентка 70 лет обратилась в Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр им. В.В. Тетюхина (г. Нижний Тагил) с жалобами на боли и ограничение движений в левом тазобедренном суставе. Из анамнеза выяснилось, что пять лет назад она перенесла операцию остеосинтеза шейки левой бедренной кости пучком

спиц в центральной районной больнице по месту жительства в Пермском крае. Через три года появился прогрессирующий болевой синдром в области вмешательства. При обращении в учреждение, где была выполнена первичная операция, диагностированы ложный сустав шейки бедренной кости, перелом и миграция спицы Киршнера. Пациентка была госпитализирована в плановом порядке — выполнено удаление фиксаторов. Однако удалить сломанную спицу по техническим причинам не удалось. После заживления раны пациентка была выписана на амбулаторное лечение. В течение последующих двух лет сохранялся слабо выраженный болевой синдром, однако пациентка не наблюдалась у травматолога-ортопеда. За последние 6 мес. боль усилилась, что послужило причиной повторного обращения за медицинской помощью. Выполнена обзорная рентгенография таза, на которой диагностирована миграция спицы в брюшную полость (рис. 1 а). На момент осмотра данных, свидетельствующих о повреждении органов брюшной полости, не было. Пациентка в экстренном порядке направлена в приемное отделение Уральского клинического лечебно-реабилитационного центра им. В.В. Тетюхина, где была выполнена компьютерная томография (КТ) брюшной полости и уточнена локализация инородного тела (рис. 1 б). Установлено расположение спицы в мочевом пузыре. После предоперационного планирования было принято решение выполнить двухэтапное вмешательство по удалению двух инородных тел одновременно: первым этапом выполнить цистоскопию и удаление фрагмента спицы из мочевого пузыря, вторым этапом — удаление спицы Киршнера из тазобедренного сустава и тотальное эндопротезирование.

Под эндотрахеальным наркозом в положении пациентки на спине проведена обработка операционного поля растворами антисептиков. Выполнена

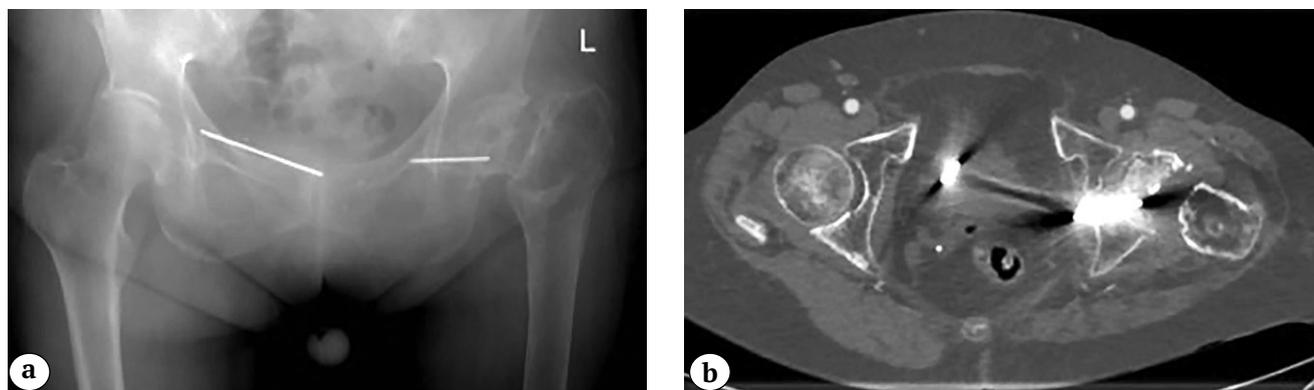


Рис. 1. Обзорная рентгенограмма таза (а) и КТ (б) при поступлении в клинику: перелом и миграция спицы
Fig. 1. Plain X-ray of the pelvis (a) and CT scan (b) at admission to hospital: fracture and K-wire migration

цистография — затеков контрастного вещества из полости мочевого пузыря не обнаружено (рис. 2а, б). При цистоскопии в полости мочевого пузыря обнаружена мигрировавшая спица. При помощи эндоскопического зажима инородное тело удале-

но (рис. 2с, d). При контрольной флюорографии с контрастированием затеков контраста не выявлено (рис. 2е). Выполнен рентгеноконтроль, на котором остаток спицы визуализировался в области тазобедренного сустава (рис. 3а, б).

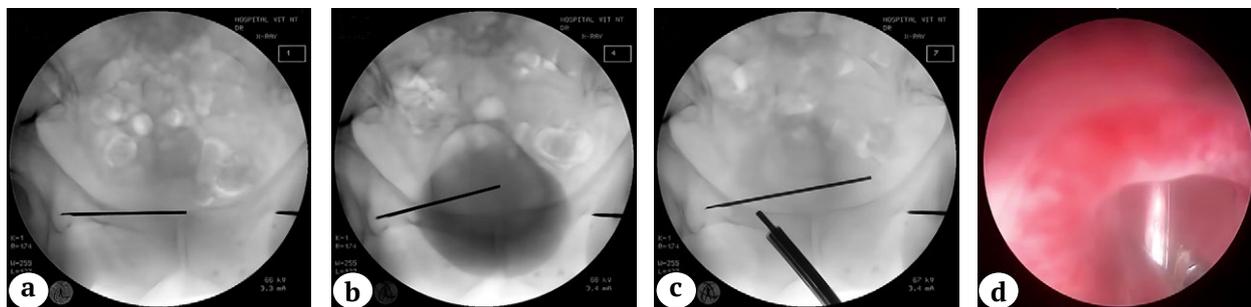


Рис. 2. Снимки с электронно-оптического преобразователя: а — расположение спицы в области мочевого пузыря; б — результаты цистографии; с — зажим в мочевом пузыре; d — эндоскопическое удаление спицы; е — контрольный снимок после удаления инородного тела из мочевого пузыря

Fig. 2. C-arm fluoroscopic images: a — wire in the bladder area; b — results of cystography; c — forceps in the bladder; d — endoscopic removal of the wire; e — control image after wire removal from the bladder

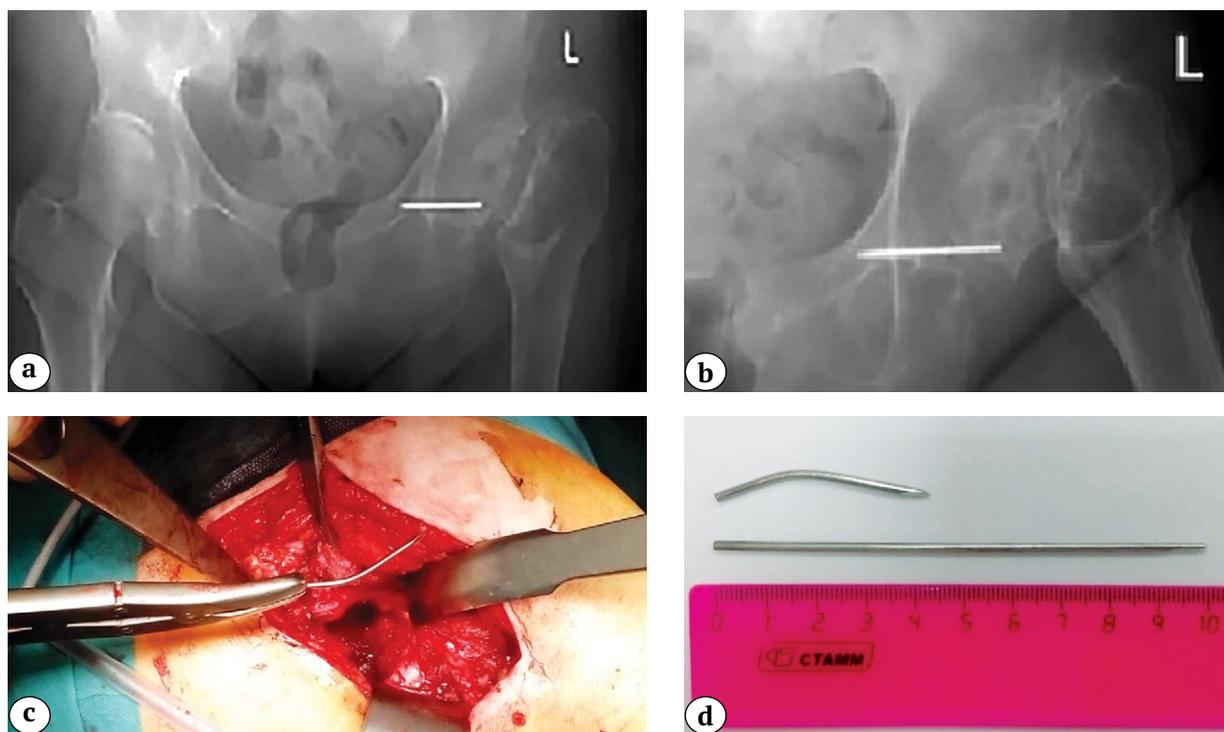


Рис. 3. Рентгенограммы таза в переднезадней (а) и аксиальной (b) проекциях: спица Киршнера располагается в области головки бедренной кости и вертлужной впадины слева; спица удалена из полости сустава (с); удаленные инородные тела длиной 4 и 10 см (d)

Fig. 3. X-rays of the pelvis in AP (a) and axial (b) views: K-wire is located in the area of left femoral head and acetabulum; the wire is removed from the joint cavity (c); removed foreign bodies 4 and 10 cm long (d)

Пациентка уложена на правый бок, выполнена обработка операционного поля, произведен доступ Хардинга к левому тазобедренному суставу. После удаления головки бедренной кости в полости сустава обнаружен фрагмент спицы, который был удален (рис. 3 с, d). Выполнено цементное эндопротезирование левого тазобедренного сустава (рис. 4).

На вторые сутки после операции начаты реабилитационные мероприятия. Рана зажила первичным натяжением, на момент выписки жалоб не было. На контрольном осмотре через 3 мес. и последующих осмотрах: пациентка передвигается без дополнительной опоры, жалоб не предъявляет.

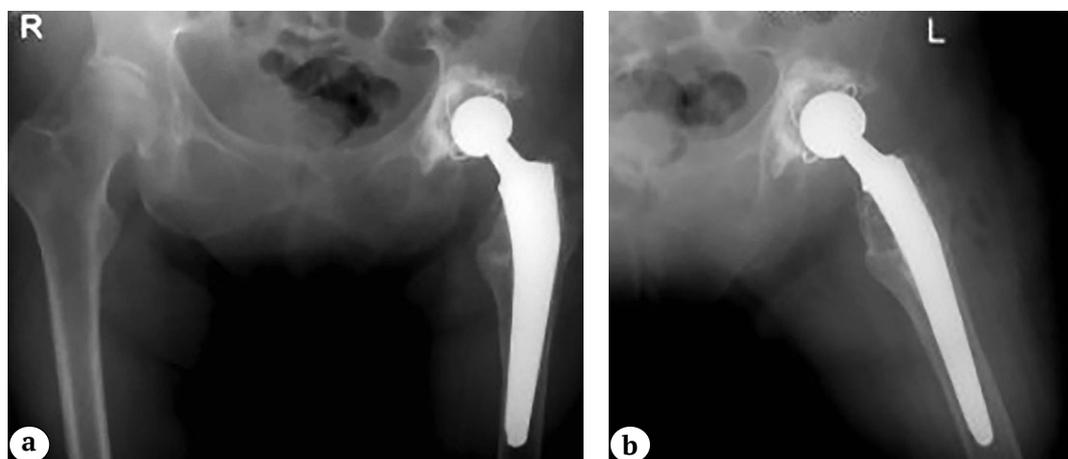


Рис. 4. Рентгенограммы таза в переднезадней (а) и аксиальной (b) проекциях после удаления спицы и тотального эндопротезирования левого тазобедренного сустава

Fig. 4. X-rays of the pelvis in AP (a) and axial (b) views after wire removal and total left hip replacement

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на наличие большого количества современных имплантатов, спицы Киршнера по-прежнему широко применяются в травматологии для фиксации переломов. Прежде всего, это связано с простотой их применения, отсутствием необходимости в специальной инструментации и невысокой стоимостью имплантатов. Однако за кажущейся простотой скрываются серьезные осложнения. Н. Matsumoto с соавторами сообщили о повреждении спицей Киршнера кишечника с локализацией ее в полости таза [13]. В литературе также встречаются данные о перфорации мочевого пузыря и мочеточника [14], брюшного отдела аорты и подвздошных артерий [15], нисходящей полой вены [16, 17], повреждении сердца [18], легких [19] и спинного мозга [20].

М. Cohen с соавторами в 1977 г. сообщили о лечении 57-летнего мужчины с перфорацией мочевого пузыря штифтом Ноулза после остеосинтеза перелома шейки бедренной кости. Как и в нашем случае, клинических проявлений у пациента не было, однако отмечалась микрогематурия в общем анализе мочи. Под эндотрахеальным наркозом выполнены лапаротомия, цистотомия, ревизия мочевого пузыря, верификация и удаление сломанного штифта. Послеоперационный период протекал без осложнений [5].

Смещение металлоконструкций может приводить к тяжелым осложнениям, вплоть до летального исхода [21], и возникать спустя годы после оперативного лечения [21, 22, 23]. С.В. Сиваконь с соавторами наблюдали случай миграции ятрогенного инородного тела через 12 лет после операции [24].

Теорией миграции спиц большое количество. М.Д. Романов с соавторами полагают, что основными причинами миграции спицы является отсутствие надежной фиксации ее дистального отдела, а также несвоевременное удаление фиксатора [2]. Некоторые авторы связывают развитие осложнения с постоянными движениями в суставах и работой мышц, другие — с резорбцией костной ткани [20, 25].

Для определения локализации мигрировавшего фрагмента спицы наиболее часто применяются лучевые методы исследования: рентгенография и КТ, в том числе с контрастированием [1, 14, 17, 23]. После определения локализации сместившейся конструкции встает вопрос о способе ее удаления. В большинстве наблюдений в равной степени применялись как открытые [2, 5, 9], так и эндоскопические вмешательства [26]. Так, М. Cohen с соавторами при удалении спицы из мочевого пузыря использовали лапаротомический доступ [5]. В сообщениях ряда

авторов обсуждаются преимущества эндоскопических методов [14, 26, 27].

Возможность миграции спиц Киршнера, а также связанные с этим тяжелые последствия подтолкнули нас к изучению данного осложнения и способов его профилактики [2, 6, 9]. Прежде всего необходимо ограничить применение спиц Киршнера как окончательного метода фиксации и отдавать предпочтение современным имплантатам, при которых вероятность миграции минимальна. В случаях, когда применение спиц является необходимым условием выполнения операции, необходимо использовать спицы с резьбой [26], либо загибать их конец, что значительно снижает возможность смещения [1]. Д.Б. Туляганов с соавторами считают, что в послеоперационном периоде необходимо использование внешней иммобилизации для уменьшения подвижности суставов [20]. При достижении сроков сращения и подтвержденной рентгенологически консолидации перелома необходимо удалять спицы Киршнера [3, 7]. Периодический рентгенологический контроль, по мнению W. Matane с соавторами, позволяет на раннем этапе заподозрить миграцию фиксатора и, если это произошло, незамедлительно его удалить [28]. В. Zacharia с соавторами также подчеркивают, что в случае обнаружения миграции спицы необходимо уда-

лить ее в неотложном порядке даже при отсутствии клинических проявлений [29].

В нашем наблюдении пациентку беспокоили только боли в тазобедренном суставе, а миграция спицы была диагностирована на плановом предоперационном осмотре. Нами была использована комбинация открытого и эндоскопического методов удаления мигрировавших фиксаторов в зависимости от их локализации и запланированного объема операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный случай научил нас с осторожностью выполнять остеосинтез переломов костей спицами Киршнера ввиду их частых усталостных переломов и миграций. Выполнение остеосинтеза необходимо завершать мерами профилактики переломов фиксатора и его миграции. Требуется динамическое наблюдение за пациентом в течение периода лечения с проведением всех необходимых методов контроля (рентгенография, КТ, ультразвуковое исследование и т.д.). В случае перелома спицы и/или ее миграции необходимо незамедлительно удалить спицу. После сращения перелома или окончания сроков фиксации вывиха также спицы следует удалять. Профилактические мероприятия позволяют предупредить миграцию спиц Киршнера и связанные с ней осложнения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

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

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

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

Этическая экспертиза. Не применима.

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

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Fransen P., Bourgeois S., Rommens J. Kirschner wire migration causing spinal cord injury one year after internal fixation of a clavicle fracture. *Acta Orthop Belg.* 2007;73(3):390-392.

DISCLAIMERS

Author contribution

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

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

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

2. Романов М.Д., Давыдкин В.И., Пигачев А.В., Киреева Е.М. Миграция фрагмента спицы Киршнера после остеосинтеза ключицы (клинический случай). *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация.* 2019;42(1):117-125. doi: 10.18413/2075-4728-2019-42-1-117-125.

- Romanov M.D., Davydkin V.I., Pigachev A.V., Kireeva E.M. Migration of the kirshner's needle after osteosynthesis of the clavicle (clinical case). *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya.* 2019;42(1):117-125. (In Russian). doi: 10.18413/2075-4728-2019-42-1-117-125.
3. Lyons F.A., Rockwood C.A. Jr. Migration of pins used in operations on the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(8):1262-1267.
 4. Mokhtar A.T., Baghaffar A., Ramer S.A., Fraser J.D. Migrated fractured sternal wire in proximity to the main pulmonary artery: Case report and review. *J Card Surg.* 2020;35(3):692-695. doi: 10.1111/jocs.14433.
 5. Cohen M.S., Warner R.S., Fish L., Johanson K.E., Farcon E. Bladder perforation after orthopedic hip surgery. *Urology.* 1977;9(3):291-293. doi: 10.1016/0090-4295(77)90349-1.
 6. Завгороднев С.В., Корниенко В.И., Проценко О.И. Миграция спиц Киршнера в брюшную полость после остеосинтеза бедра. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2008;(4):64-66. Zavgorodnev S.V., Kornienko V.I., Protsenko O.N. Kirschner's wire migration to the abdominal cavity after hip osteosynthesis. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2008;(4):64-66. (In Russian).
 7. Motamedi M., Mortazavi S.M.J., Miresmaseeli S.H. Migration of a broken Kirschner wire from an acromioclavicular joint into the neck: a case report. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2008;18(1):19-21. doi: 10.1007/s00590-007-0257-6.
 8. Sananta P., Dradjat R.S., Julana R., Pandiangan R.A.H., Sukmajaya W.P., Abduh M. Migration of K-wire into the cavum pleura after the reduction of acromioclavicular dislocation, a case report and review of literature. *Int J Surg Case Rep.* 2020;74:192-195. doi: 10.1016/j.ijscr.2020.08.004.
 9. Косолапов А.А., Курданов М.А., Михеев А.В., Лукьянчиков В.А., Киселев Р.С., Юдин В.А. и др. Клинический случай миграции отломка спицы Киршнера в позвоночный канал после фиксации акромиально-ключичного сочленения. *Журнал Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе.* 2021;(S2):37. Kosolapov A.A., Kurdanov M.A., Mikheev A.V., Luk'yanchikov V.A., Kiselev R.S., Yudin V.A. et al. Clinical case of Kirschner wire fragment migration into the spinal canal after fixation of the acromioclavicular joint. *J Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze.* 2021;(S2):37. (In Russian).
 10. Гуляев Д.А., Годанюк Д.С., Каурова Т.А., Красношлык П.В., Майков С.В. Миграция спицы Киршнера в позвоночный канал после фиксации акромиально-ключичного сочленения (обзор литературы и клиническое наблюдение). *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(4):121-128. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-121-128. Gulyaev D.A., Godanyuk D.S., Kaurova T.A., Krasnoslyk P.V., Maikov S.V. Kirschner Wire Migration into Spinal Canal after Acromioclavicular Joint Fixation (Literature Review and Clinical Case). *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(4):121-128. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-121-128.
 11. Киреева Е.М., Романов М.Д. Миграция фрагмента спицы Киршнера в перикард через плевральную полость после остеосинтеза грудино-ключичного сочленения. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* 2017;(3): 41-48. doi: 10.21685/2072-3032-2017-3-5. Kireeva E.M., Romanov M.D. Migration of a k-wire fragment into the pericardium through the pleural cavity after osteosynthesis of the sternoclavicular articulation. *University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2017;(3):41-48. (In Russian). doi: 10.21685/2072-3032-2017-3-5.
 12. Иванов В.В., Чевжик В.П., Черпалюк Е.А., Бешенцева И.С., Аксельров М.А. Случай миграции фиксирующих устройств (спиц Киршнера) в забрюшинное пространство. *Детская Хирургия.* 2006;(4):53. Ivanov V.V., Chevzhik V.P., Cherpalyuk Ye. A., Beshentseva I.S., Akselrov M.A. A case of the migration of fixing devices (Kirschner's wire) into the retroperitoneal space. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2006;(4):53. (In Russian).
 13. Matsumoto H., Yo S., Fukushima S., Osawa M., Muraio T., Ishii M. et al. Forgotten Kirschner wire passing across the sigmoid colon. *Clin J Gastroenterol.* 2017;10(2): 154-156. doi: 10.1007/s12328-017-0713-8.
 14. Alpers D.D. Migration of broken hip pin into urinary bladder. *JAMA.* 1970;212(12):2123-2124. doi: 10.1001/jama.1970.03170250077029.
 15. Li R., Chen B., Wang G., Ren G., He X., Jia Y. Removal of an intra-abdominal Kirschner wire under digital subtraction angiography: a pediatric case report. *J Pediatr Orthop B.* 2012;21(2):164-166. doi: 10.1097/BPB.0b013e328344c4df.
 16. Buch R.G., Kernek C.B., Madura J.A., Province W.D. 2nd. Intrapelvic migration of a Knowles pin through external iliac vein. *Orthopedics.* 1985;8(8):1023-1024. doi: 10.3928/0147-7447-19850801-14.
 17. Bollo J., Lupu I., Caballero F., Trias M. Spontaneous intraperitoneal migration of a Kirschner wire. *Cir Esp.* 2012;90(2):121. (In Spanish). doi: 10.1016/j.ciresp.2011.01.019.
 18. Hédon C., Khoueiry Z., Verges M., Pasquie J.L. Late intracardiac orthopedic wire migration presenting as tamponade and stroke. *Eur Heart J.* 2015;36(24):1546. doi: 10.1093/eurheartj/ehu416.
 19. Furuhashi R., Nishida M., Morishita M., Yanagimoto S., Tezuka M., Okada E. Migration of a Kirschner wire into the spinal cord: A case report and literature review. *J Spinal Cord Med.* 2020;43(2):272-275. doi: 10.1080/10790268.2017.1419915.
 20. Туляганов Д.Б., Порсаханов Р.Г., Нишонов Х.Т., Нахалкулов Р.Т., Маматкулов Ж.А., Абдурахмонов Б.М. Случай успешного удаления спицы, мигрировавшей в плевральную полость после остеосинтеза ключицы. *Вестник экстренной медицины.* 2019;12(2):97-99. Tulyaganov D.B., Porsahanov R.G., Nishonov H.T., Nahalboev R.T., Mamatqulov J.A., Abdurahmonov B.M. Case of successful removal of migrated metallic construction from pleural cavity after osteosynthesis of clavicle. *Bulletin of Emergency Medicine.* 2019;12(2):97-99. (In Russian).
 21. Anić D., Brida V., Jelić I., Orlić D. The cardiac migration of a Kirschner wire. A case report. *Tex Heart Inst J.* 1997;24(4):359-361.
 22. Никольский М.А., Протас Р.Н., Кубраков К.М. О возможных осложнениях металлоостеосинтеза при переломах проксимального конца плечевой кости. *Вестник Витебского государственного медицинского университета.* 2006;5(1):110-113. Nikol'skii M.A., Protas R.N., Kubrakov K.M. On possible complications of metal osteosynthesis in fractures of the proximal end of the humerus. *Vitebsk Medical Journal.* 2006;5(1):110-113. (In Russian).

23. Fong Y.C., Lin W.C., Hsu H.C. Intrapelvic migration of a Kirschner wire. *J Chin Med Assoc.* 2005;68(2):96-98. doi: 10.1016/S1726-4901(09)70143-1.
24. Сиваконь С.В., Девин И. В., Кибиткин А.С., Абдуллаев А.К., Моисеенко В.А. Казуистический случай миграции ятрогенного инородного тела. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* 2012;21(1):85-89. Sivakon' S.V., Devin I. V., Kibitkin A.S., Abdullaev A.K., Moiseenko V.A. A casuistic case of migration of an iatrogenic foreign body. *University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2012;21(1):85-89. (In Russian).
25. Memisoglu K., Buluc L., Cırpıcı Y., Sarlak A.Y. Intrapelvic pin migration. *Anatol J Clin Investig.* 2009;3(2):142-144.
26. Hug K.T., Fernando N.D. Intra-abdominal migration of a k-wire during revision total hip arthroplasty. *Arthroplasty Today.* 2016;3(1):3-5. doi: 10.1016/j.artd.2016.09.002.
27. Thati V.N., Kamat M.M., Khandelwal N.K. Laparoscopic extraction of fractured Kirschner wire from the pelvis. *J Minim Access Surg.* 2014;10(2):97-98. doi: 10.4103/0972-9941.129967.
28. Mamane W., Breitel D., Lenoir T., Guigui P. Migration intrarachidienne d'une broche de Kirschner après une cure de pseudarthrose de la clavicule. Cas clinique et revue de la littérature [Spinal migration of a Kirschner wire after surgery for clavicular nonunion. A case report and review of the literature]. *Chir Main.* 2009;28(6):367-369. (In French). doi: 10.1016/j.main.2009.08.007.
29. Zacharia B., Puthezhath K., Varghees I. Kirschner wire migration from subcapital humeral fracture site, causing hydropneumothorax. *Chin J Traumatol.* 2016;19(5):305-308. doi: 10.1016/j.cjtee.2015.12.010.

Сведения об авторах

✉ Фарйон Алексей Олегович — канд. мед. наук
 Адрес: Россия, 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 75
<https://orcid.org/0000-0001-8674-8973>
 e-mail: farionalexey@mail.ru

Паськов Роман Владимирович — д-р мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-9225-614X>
 e-mail: paskovroman@mail.ru

Душин Денис Викторович
<https://orcid.org/0009-0001-4871-7591>
 e-mail: dushin.denis.1975@mail.ru

Базаров Александр Юрьевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-5309-4667>
 e-mail: tyumen_trauma@mail.ru

Прокопьев Алексей Николаевич
<https://orcid.org/0000-0002-3945-0477>
 e-mail: 9224820003@mail.ru

Authors' information

✉ Aleksei O. Farion — Cand. Sci. (Med.)
 Address: 75, Mel'nikayte st., Tyumen, 625039, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-8674-8973>
 e-mail: farionalexey@mail.ru

Roman V. Paskov — Dr. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0001-9225-614X>
 e-mail: paskovroman@mail.ru

Denis V. Dushin
<https://orcid.org/0009-0001-4871-7591>
 e-mail: dushin.denis.1975@mail.ru

Alexander Yu. Bazarov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-5309-4667>
 e-mail: tyumen_trauma@mail.ru

Aleksey N. Prokopev
<https://orcid.org/0000-0002-3945-0477>
 e-mail: 9224820003@mail.ru

Редакционная статья
УДК 616.718.42-089.84-06:616.62
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-12022>



Редакционный комментарий к статье А.О. Фарйона с соавторами «Миграция спицы Киршнера в мочевого пузыря: клинический случай»

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-6610>

И.Г. Беленький

ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»,
г. Санкт-Петербург, Россия

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

В комментарии к статье «Миграция спицы Киршнера в мочевого пузыря: клинический случай», описывающей достаточно редкое, но серьезное осложнение после остеосинтеза медиального перелома шейки бедренной кости, выполненного спицами: усталостный перелом спицы Киршнера с миграцией проксимального ее фрагмента в мочевого пузырь, констатируется наличие подобных осложнений с публикацией результатов успешного их лечения в современной научной литературе. Автор комментария обращает внимание на связанные с этим случаем тактические и организационные аспекты оказания помощи пациентам с переломами шейки бедренной кости. Отмечается, что при переломах ряда локализаций существуют стандартные тиражируемые методики остеосинтеза, дающие хорошие клинические результаты. К числу таких локализаций относится и проксимальный отдел бедренной кости, методики оперативного лечения переломов которого подробно изложены в действующих клинических рекомендациях. Анализируются также возможные причины длительного существования ложного сустава шейки бедренной кости. Выводы: для снижения риска несращения переломов шейки бедренной кости при выборе метода оперативного лечения необходимо следовать утвержденным клиническим рекомендациям, а в случаях несращения переломов после остеосинтеза без задержек выполнять эндопротезирование тазобедренного сустава.

Ключевые слова: остеосинтез, спицы Киршнера, миграция спиц, несостоятельность остеосинтеза, перелом шейки бедренной кости.

Для цитирования: Беленький И.Г. Редакционный комментарий к статье А.О. Фарйона с соавторами «Миграция спицы Киршнера в мочевого пузыря: клинический случай». *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2): 126-129. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12022>.

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

Рукопись получена: 23.05.2023. Статья опубликована: 09.06.2023.

© Беленький И.Г., 2023



Editorial Comment on the Article by A.O. Farion et al. “Migration of a Kirschner Wire Into the Urinary Bladder: A Case Report”

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-6610>

Igor G. Belenkiy

St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract

The article “Migration of a Kirschner Wire into the Bladder: Case Report” describes a rather rare but serious complication after osteosynthesis of a medial femoral neck fracture performed with wires, that is a fatigue fracture of a Kirschner wire with migration of its proximal fragment into the bladder. It is stated in the commentary that such complications do occur and the results of their successful treatment have been published in the modern scientific literature. The author of the commentary draws attention to the tactical and organizational aspects of treating patients with femoral neck fractures related to this case. It is pointed out that there are standard replicable osteosynthesis techniques for fractures of a number of localizations that provide good clinical results. Proximal femur is one of these localizations, and the methods of surgical treatment of its fractures are described in details in current clinical guidelines. Possible reasons for the long-term persistence of pseudarthrosis of the femoral neck are also analyzed. Conclusions: when choosing a method of surgical treatment, it is necessary to follow the approved clinical guidelines to reduce the risks of nonunion of femoral neck fractures. Hip arthroplasty should be performed without delay in cases of fracture nonunion after osteosynthesis.

Keywords: osteosynthesis, K-wire, migration of wires, failure of osteosynthesis, femoral neck fracture.

Cite as: Belenkiy I.G. Editorial Comment on the Article by A.O. Farion et al. “Migration of a Kirschner Wire Into the Urinary Bladder: A Case Report”. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):126-129. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-12022>.

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

Submitted: 23.05.2023. Published: 09.06.2023.

© Belenkiy I.G., 2023

В статье описано достаточно редкое, но серьезное осложнение после остеосинтеза медиального перелома шейки бедренной кости, выполненного спицами: усталостный перелом спицы Киршнера с миграцией проксимального ее фрагмента в мочевого пузырь. При этом перелом шейки бедренной кости не консолидировался, а осложнился формированием ложного сустава. Авторами выполнено цистоскопическое удаление мигрировавшего фрагмента с последующим эндопротезированием тазобедренного сустава, в ходе которого удален второй фрагмент спицы.

В научной литературе имеются описания случаев миграции спиц Киршнера после операций на опорно-двигательном аппарате с развитием осложнений со стороны внутренних органов [1, 2, 3].

Безусловно, представленный случай довольно интересен с клинической точки зрения. Тем не менее, хотелось бы обратить внимание на связанные с ним тактические и организационные аспекты оказания помощи пациентам с переломами шейки бедренной кости.

Остеосинтез спицами в настоящее время в качестве способа окончательной фиксации чаще всего применяется как часть методики «стягивающей петли» (tension band) в сочетании с проволочной петлей при переломах надколенника [4], локтевого отростка [5] и реже — при переломах других локализаций в качестве самостоятельной фиксации, в частности при переломах проксимального отдела плечевой кости [6] и дистального отдела лучевой кости [7]. В недалеком прошлом разновидности остеосинтеза спицами использовали также при переломах шейки бедренной кости, однако при этом отмечались случаи миграции спиц. Для улучшения качества фиксации и предотвращения миграции спиц в 1997 г. была предложена методика остеосинтеза проксимального отдела бедренной кости тремя пучками сложенных взаимно перпендикулярно спиц в форме шпилек (Способ оперативного лечения переломов проксимального отдела бедренной кости. Патент на изобретение RU 2139002 С1, 10.10.1999). Однако позднее те же авторы, которые предложили эту методику, при анализе результатов лечения больных с переломами шейки бедренной кости даже не упоминают о ней [8].

Для использования спиц в качестве направляющих для введения канюлированных конструкций, а также при выполнении окончательного остеосинтеза спицами для предотвращения миграции спиц принято использовать спицы с резьбовой нарезкой (Способ хирургического лечения переломов лонных костей тазового кольца остеосинтезом фиксирующей спицей с нарезкой. Патент на изобретение 2727895 С1, 24.07.2020).

Говоря о тактике оперативного лечения переломов проксимального отдела бедренной кости,

следует сказать, что при внутрикапсульных переломах (переломах типа В по классификации АО) можно рассуждать о выборе между остеосинтезом или эндопротезированием. При решении выполнять эндопротезирование можно дискутировать о выборе между различными модификациями и способами фиксации компонентов эндопротеза. Совершенно другая ситуация имеется при принятии решения о выполнении остеосинтеза перелома шейки бедренной кости. Рассуждая о выборе методики остеосинтеза, следует сказать, что при переломах ряда локализаций существуют стандартные тиражируемые методики остеосинтеза, дающие хорошие клинические результаты. К числу таких локализаций относится и проксимальный отдел бедренной кости. Большинство нерешенных вопросов, касающихся остеосинтеза этих переломов, сегодня лежит в организационной плоскости [9]. Технически же при переломах шейки бедренной кости остеосинтез может быть выполнен введенными параллельно канюлированными винтами, системой динамического бедренного винта или динамическими введенными параллельно винтами, фиксированными в пластине. Эта практика закреплена в действующих клинических рекомендациях по лечению переломов проксимального отдела бедренной кости. Там же сказано о том, что не так давно широко применявшиеся методы остеосинтеза трехлопастным гвоздем и Г-образной пластиной применять не рекомендуется [10]. Отсутствие даже упоминания об остеосинтезе спицами в клинических рекомендациях свидетельствует о том, что эта методика на сегодняшний день применяется крайне редко.

В рассматриваемой статье есть еще одно обстоятельство, на которое нельзя не обратить внимание. Больная только через три года после остеосинтеза обратилась в стационар, где ей было выполнено удаление спиц. Очевидно, что уже тогда имелись все показания к эндопротезированию, которое было выполнено только через два года после этого. О причинах можно рассуждать лишь теоретически. Возможно, имелись организационные проблемы, связанные с оформлением документов для выполнения высокотехнологичного оперативного вмешательства. Однако, вероятнее всего, пациентку устраивало имевшееся снижение качества жизни, и она решила на эндопротезирование только при усилении болевого синдрома. Независимо от этого, после изучения представленной статьи можно сделать следующие выводы: для снижения риска несращения переломов шейки бедренной кости при выборе метода оперативного лечения необходимо следовать утвержденным клиническим рекомендациям, а в случаях несращения переломов после остеосинтеза без задержек выполнять эндопротезирование тазобедренного сустава.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Zacharia B., Puthethzath K., Varghees I. Kirschner wire migration from subcapital humeral fracture site, causing hydropneumothorax. *Chin J Traumatol.* 2016;19(5):305-308. doi: 10.1016/j.cjtee.2015.12.010.
2. Wang P., Chen C., Liu B., Wang X., Jiang W., Chu X. Intracardiac migration of Kirschner wire from the right sternoclavicular joint: a case report. *BMC Surg.* 2021;21(1):294. doi: 10.1186/s12893-021-01292-2.
3. Baghdadi T., Baghdadi S., Dastoureh K., Yaseen Khan F.M. Unusual migration of a Kirschner wire in a patient with Osteogenesis Imperfecta: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(34):e11829. doi: 10.1097/MD.00000000000011829.
4. Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Кочиш А.Ю., Майоров Б.А. Современные методы лечения пациентов с переломами надколенника. *Современные проблемы науки и образования.* 2020;(4):158. doi: 10.17513/spno.29991.
Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Kochish A.Y., Mayorov B.A. Modern methods of patellar fracture management. *Modern problems of science and education.* 2020;(4):158. (In Russian) doi: 10.17513/spno.29991.
5. Hume M.C., Wiss D.A. Olecranon fractures. A clinical and radiographic comparison of tension band wiring and plate fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(285):229-235.
6. Солод Э.И., Лазарев А.Ф., Загородний Н.В., Кадышев В.В. Перкутантный остеосинтез проксимального отдела плечевой кости блокируемыми спицевыми конструкциями. *Дневник Казанской медицинской школы.* 2018;21(3):37-41.
Solod E.I., Lazarev A.F., Zagorodny N.V., Kadyshev V.V. Percutaneous osteosynthesis of the proximal humerus with lockable wire constructions. *Diary of the Kazan Medical School.* 2018;21(3):37-41. (In Russian).
7. Поликарпов А.В., Кашанский Ю.Б., Кондратьев И.П., Цапенко В.О. Результаты хирургического лечения нестабильных переломов костей дистального отдела предплечья в метаэпифизарной зоне. *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2021;46(4):13-16. doi: 10.17238/2226-2016-2021-4-13-16.
Polikarpov A.V., Kashansky Yu.B., Kondratev I.P., Tsapenko V.O. Results of surgical treatment of unstable fractures of the distal forearm in the metaepiphyseal zone. *Department of Traumatology and Orthopedics.* 2021;46(4):13-16. (In Russian) doi: 10.17238/2226-2016-2021-4-13-16.
8. Солод Э.И., Лазарев А.Ф., Загородний Н.В., Костив Е.П., Фуртык А.Б., Дендымарченко Р.С. и др. Оперативное лечение пациентов с медиальными переломами шейки бедренной кости. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2018;71(1):19-25. doi: 10.17238/Pmj1609-1175.2018.1.19-25.
Solod E.I., Lazarev A.F., Zagorodny N.V., Kostiv E.P., Furtyk A.B., Dendymarchenko R.S. et al. The surgical treatment of patients with medial fractures of the femoral neck. *Pacific Medical Journal.* 2018;(1):19-25. (In Russian) doi: 10.17238/Pmj1609-1175.2018.1.19-25.
9. Беленький И.Г., Мануковский В.А., Тулупов А.Н., Демко А.Е., Кандыба Д.В., Сергеев Г.Д. и др. Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(2):79-90. doi: 10.17816/2311-2905-1693.
Belenkiy I.G., Manukovskii V.A., Tulupov A.N., Demko A.E., Kandyba D.V., Sergeev G.D. et al. Strategies of Osteosynthesis: Problems and Perspectives. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2022;28(2):79-90. (In Russian) doi: 10.17816/2311-2905-1693.
10. Переломы проксимального отдела бедренной кости. Клинические рекомендации. 2021. 103 с. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/729_1
Fractures of the proximal femur. Clinical guidelines. 2021. 103 p. (In Russian). Available from: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/729_1.

Сведения об авторе

✉ Беленький Игорь Григорьевич — д-р мед. наук
Адрес: Россия, 192242, г. Санкт-Петербург,
Будапештская ул., д. 3
<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>
e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Author's information

✉ Igor G. Belenkiy — Dr. Sci (Med.)
Address: 3, Budapeshtskaya str., St. Petersburg, 192242,
Russia
<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>
e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru



Обзорная статья
УДК 616.718.49-007.281-07-08
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-2355>

Современные подходы к диагностике и лечению нестабильности надколенника: обзор литературы

В.В. Хомянец, Д.А. Конокотин, О.В. Рикун, А.О. Федотов, А.С. Гранкин,
А.С. Воробьев

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России,
г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Нестабильность надколенника — одна из наиболее часто встречающихся патологий опорно-двигательного аппарата, наблюдающаяся преимущественно у физически активных молодых людей, которая занимает третье место в структуре повреждений области коленного сустава после травм передней крестообразной связки и менисков.

Цель обзора — на основании анализа данных литературы представить современные взгляды на диагностику, принципы и методики хирургического лечения пациентов с нестабильностью надколенника.

Материал и методы. Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MedLine и eLIBRARY. Всего было найдено 112 иностранных статей, опубликованных в период с 1984 по 2023 г., и 12 отечественных публикаций за 2011–2022 гг. В ходе анализа публикаций было отобрано 68 статей, для которых были доступны полные тексты или рефераты, содержащие достаточную информацию по методам диагностики и наиболее часто применяемым стандартным и модифицированным способам хирургической коррекции нестабильности надколенника, а также протоколы лечения рассматриваемой патологии с учетом характера нестабильности, возрастной структуры и функциональных запросов пациентов.

Результаты. Качественно новым этапом развития реконструктивно-восстановительной хирургии нестабильности надколенника является углубленное обследование пострадавших с определением степени повреждений медиального ретинакулюма и диспластических изменений анатомических структур, обеспечивающих нормальную биомеханику разгибательного аппарата коленного сустава. Особое значение приобретает строго индивидуальный подход к выбору метода хирургического лечения с учетом факторов риска, способствующих развитию хронической нестабильности надколенника.

Заключение. Прецизионное восстановление медиальной пателло-фemorальной связки, дополненное по показаниям коррекцией выявленных диспластических изменений анатомических образований области коленного сустава, позволяет получить лучшие функциональные результаты у больных с острой и хронической нестабильностью надколенника.

Ключевые слова: вывих надколенника, нестабильность надколенника, реконструкция медиальной пателло-фemorальной связки, дисплазия блока бедренной кости.

Для цитирования: Хомянец В.В., Конокотин Д.А., Рикун О.В., Федотов А.О., Гранкин А.С., Воробьев А.С. Современные подходы к диагностике и лечению нестабильности надколенника: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):130-143. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2355>.

Конокотин Дмитрий Александрович; e-mail: konokotin.dmitry@yandex.ru

Рукопись получена: 20.01.2023. Рукопись одобрена: 12.05.2023. Статья опубликована: 09.06.2023.

© Хомянец В.В., Конокотин Д.А., Рикун О.В., Федотов А.О., Гранкин А.С., Воробьев А.С., 2023



Current Concepts in Diagnostics and Treatment of Patellar Instability: Review

Vladimir V. Khominets, Dmitri A. Konokotin, Oleg V. Rikun, Aleksey O. Fedotov, Aleksey S. Grankin, Alexandr S. Vorobyev

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. Patellar instability is one of the most common pathologies of the musculoskeletal system, predominantly observed in physically active young individuals. It ranks third in the structure of knee joint injuries after anterior cruciate ligament and meniscal injuries.

The aim of this review — to present modern perspectives on the diagnosis, principles, and surgical treatment techniques for patients with patellar instability based on an analysis of the literature.

Methods. Publications were searched in the PubMed/MedLine and eLIBRARY databases. A total of 112 foreign articles published between 1984 and 2023 and 12 domestic publications from 2011 to 2022 were found. During the analysis, 68 articles were selected, which had full texts or abstracts containing sufficient information on diagnostic methods, commonly used standard and modified surgical correction methods for patellar instability, and treatment protocols considering patient age structure, instability characteristics, and functional demands.

Results. A qualitatively new stage in the reconstructive and restorative surgery of patellar instability is the in-depth examination of patients to determine the extent of damage to the medial retinaculum and the presence of dysplastic changes in anatomical structures that provide normal biomechanics of the knee extensor apparatus. A strictly individual approach to the selection of surgical treatment methods considering risk factors contributing to the development of chronic patellar instability becomes of particular importance.

Conclusion. Precise restoration of the medial patellofemoral ligament, supplemented by the correction of identified dysplastic changes in anatomical formations of the knee joint area, allows for better functional outcomes in patients with acute and chronic patellar instability.

Keywords: patellar dislocation, patellar instability, medial patellofemoral ligament reconstruction, trochlear dysplasia.

Cite as: Khominets V.V., Konokotin D.A., Rikun O.V., Fedotov A.O., Grankin A.S., Vorobiev A.S. Current Concepts in Diagnostics and Treatment of Patellar Instability: Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2): 130-143. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2355>.

✉ Dmitri A. Konokotin e-mail: konokotin.dmitry@yandex.ru

Submitted: 20.01.2023. Accepted: 12.05.2023. Published: 09.06.2023.

© Khominets V.V., Konokotin D.A., Rikun O.V., Fedotov A.O., Grankin A.S., Vorobiev A.S., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Нестабильность надколенника — одна из наиболее часто встречающихся патологий опорно-двигательного аппарата, наблюдающаяся преимущественно у физически активных молодых людей [1]. В структуре травм коленного сустава она занимает третье место после разрывов менисков и передней крестообразной связки, достигая 3,3% [2].

Первичный вывих надколенника в подавляющем большинстве случаев возникает в результате острой травмы. По данным M. Moiz с соавторами, консервативное лечение травматических вывихов надколенника у трети пострадавших (31%) ведет к развитию его хронической нестабильности [3]. Исследование R.A. Magnussen с соавторами показало, что после консервативного лечения лишь у 26,4% пациентов функция коленного сустава восстанавливается до прежнего уровня физической активности [4]. L.S. Huntington с соавторами подтвердили, что консервативное лечение первичных вывихов надколенника в 33,6% случаев сопровождается рецидивом нестабильности, существенно влияющим на образ жизни пациентов [5]. E.E. Salonen с соавторами доказали, что сформировавшаяся хроническая нестабильность надколенника сопровождается высоким риском раннего развития пателло-фemorального артроза коленного сустава ввиду постоянной травматизации суставного хряща надколенника и блока бедренной кости [6]. A.K. Орлецкий с соавторами сообщают о более низком риске рецидивов вывиха надколенника после оперативного лечения по сравнению с консервативным, но в то же время и о более высоком риске развития остеоартроза бедренно-надколенникового сустава после оперативного лечения [7].

На сегодняшний день вопрос выбора показаний к оперативному лечению пациентов с первичным вывихом надколенника остается дискуссионным. В последнее десятилетие особое внимание уделяется биомеханическому аспекту развития нестабильности [8]. Проведенные исследования доказали, что анатомические особенности структур разгибательного аппарата коленного сустава, такие как дисплазия блока бедренной кости, латерализация бугристости большеберцовой кости, высокое положение надколенника, избыточная антеверсия бедра и торсия большеберцовой кости, оказывают существенное влияние на биомеханику бедренно-надколенникового сочленения и должны учитываться при выборе тактики лечения как острой, так и хронической нестабильности [9, 10, 11, 12].

Цель обзора — на основании анализа данных литературы представить современные взгляды на диагностику, принципы и методики хирургического лечения пациентов с нестабильностью надколенника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MedLine и eLIBRARY. Ключевыми словами и словосочетаниями для поиска были: вывих надколенника, нестабильность надколенника, медиальная пателло-фemorальная связка, дисплазия блока бедренной кости, медиальный удерживатель надколенника, бугристость большеберцовой кости, трохлеопластика, patellar instability, recurrent patellar instability, patellar dislocation, medial patellofemoral ligament reconstruction, MPFL, tibial tubercle osteotomy, trochlear dysplasia, femoral osteotomy, trochleoplasty.

Всего было найдено 112 иностранных статей, опубликованных в период с 1984 по 2023 г., и 12 отечественных публикаций за 2011–2022 гг. В ходе анализа публикаций было отобрано 68 статей с полными текстами или рефератами, содержащими достаточную информацию о методах диагностики и наиболее часто применяемых стандартных и модифицированных способах хирургической коррекции нестабильности надколенника, а также о протоколах лечения рассматриваемой патологии с учетом возрастной структуры пациентов, характера нестабильности и функциональных запросов пациентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности диагностики

Диагностика нестабильности надколенника, кроме клинического обследования, основывается на определении многочисленных показателей, характеризующих индивидуальные анатомические особенности строения разгибательного аппарата коленного сустава. Характеристики морфологии блока бедренной кости и надколенника, высоты положения надколенника относительно бедренной кости, латерализация бугристости большеберцовой кости — основные взаимосвязанные признаки, определяющие диагноз «нестабильность надколенника». Помимо диагностической ценности, такие показатели, как расстояние между бугристостью большеберцовой кости и блоковой бороздой (ТТ-ТГ), угол борозды блока бедренной кости, коэффициенты высоты стояния надколенника и тип строения блока бедренной кости, помогают в выборе тактики хирургического лечения [13].

Оценка высоты стояния надколенника

Наиболее простой для диагностики и доступной для хирургической коррекции анатомической аномалией коленного сустава является высокое положение надколенника относительно блока бедренной кости. Чем более проксимально располагается надколенник, тем больше угол сгибания в коленном суставе, при котором происходит его вхождение в борозду блока бедренной кости,

и меньше стабильность надколенника. По мнению Ch. Huber с соавторами, если он не достигает борозды блока при угле сгибания более 30°, то это свидетельствует о потенциально высокой степени риска такой нестабильности [14]. Обычно расчет высоты стояния надколенника проводят по рентгенограмме коленного сустава в боковой проекции в положении сгибания 30° [9, 15].

По мнению большинства авторов, наиболее информативным является индекс Caton–Deschamps, который в норме составляет 0,6–1,3 [13, 14, 15] (рис. 1). P. Neyret с соавторами нашли данную аномалию у 48% пациентов с нестабильностью надколенника и только у 12% человек в контрольной группе с отсутствием вывиха надколенника в анамнезе [16].

В литературе можно найти различные мнения о величине индекса Caton–Deschamps. При показателе индекса от 1,2 до 1,3 аномалия расценивается как легкая, а при индексе 1,3–1,4 — как тяжелая. До настоящего времени большинство авторов, следуя рекомендациям H. Dejour с соавторами проводили ее хирургическую коррекцию при индексе выше 1,2 [9]. В последнее десятилетие появились публикации, авторы которых считают, что операция показана при величине индекса более 1,4 или 1,3 [13, 17, 18]. При этом сам по себе индекс высоты стояния надколенника, увеличенный до 1,2 и даже до 1,3, не является прямым показанием

к хирургической коррекции, так как низведение надколенника при его нестабильности редко рассматривается как изолированная самостоятельная операция и обычно выполняется в комплексе с коррекцией других аномалий разгибательного аппарата, способных повлиять на изменение данного показателя.

Латерализация бугристости большеберцовой кости

Расстояние от центра блока бедренной кости до места прикрепления связки надколенника на бугристости большеберцовой кости во фронтальной плоскости существенно влияет на величину латерализирующих надколенник сил в процессе сгибательно-разгибательных движений в коленном суставе. Латерализация бугристости — внешний, наиболее просто выявляемый признак избыточной ротации всего проксимального отдела большеберцовой кости. О данной аномалии знали давно, но лишь с внедрением в широкую клиническую практику КТ и МРТ стали проводить прецизионные измерения и говорить о количественном аспекте этого показателя, рассчитываемом на аксиальных МР- и КТ-томограммах и именуемом величиной или индексом ТТ-TG (tibial tubercle — trochlear groove). Общепринятым показанием к хирургической коррекции является расстояние 20 мм и более [19] (рис. 2).

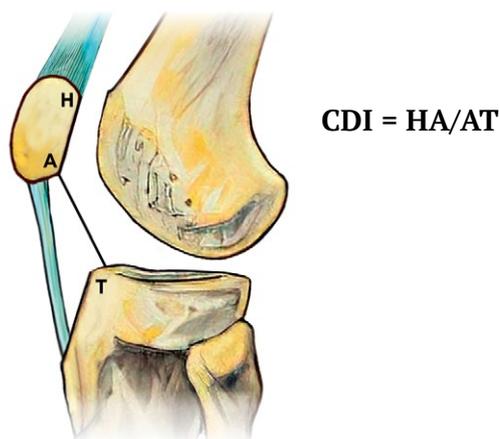


Рис. 1. Расчет индекса Caton–Deschamps: AT — линия, соединяющая нижний край суставной фасетки надколенника с передним краем плато большеберцовой кости; HA — линия, соответствующая суставной поверхности надколенника; CDI — индекс Caton–Deschamps, отношение длины линии AT к линии HA

Fig. 1. Calculation of the Caton-Deschamps index: AT — line connecting the lower edge of the patellar articular facet to the anterior edge of the tibial plateau; HA — line corresponding to the articular surface of the patella; CDI — Caton-Deschamps index, the ratio of the length of the AT line to the HA line

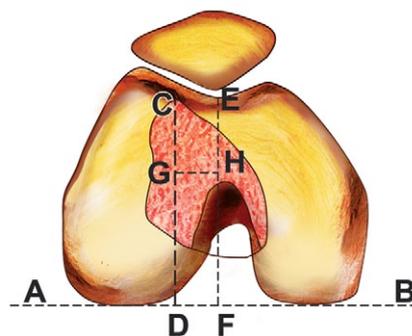


Рис. 2. Схема расчета индекса ТТ-TG в аксиальной плоскости: АВ — касательная линия к мыщелкам бедренной кости; CD — перпендикуляр от центра бугристости большеберцовой кости к линии мыщелков бедренной кости; EF — перпендикуляр от центра суставной поверхности блока бедренной кости к линии мыщелков бедренной кости; GH — расстояние между центром суставной поверхности блока бедренной кости и центром бугристости большеберцовой кости

Fig. 2. Scheme for calculating the TT-TG index in the axial plane: AB — tangent line to the femoral condyles; CD — perpendicular from the center of the tibial tuberosity to the line of the femoral condyles; EF — perpendicular from the center of the articular surface of the femoral block to the line of the femoral condyles; GH — distance between the center of the articular surface of the femoral block and the center of the tibial tuberosity

По данным S. Tan с соавторами, величина индекса TT-TG при измерении на КТ и МРТ существенно различается. Результаты проведенного ими анализа показали, что у одних и тех же пациентов с нестабильностью надколенника этот индекс на МРТ составил в среднем 15,3 мм, а на КТ — 18,3 мм. При этом более достоверными являются измерения, проводимые по КТ [20].

Объективное измерение TT-TG является важным этапом диагностики и планирования хирургической коррекции нестабильного надколенника, однако такая методика при дисплазиях блока, особенно типа D, вызывает большие затруднения при определении расположения точки борозды блока бедренной кости на его плоской или асимметрично выпуклой поверхности.

С целью повышения достоверности измерения данного показателя G. Seitlinger с соавторами предложили в качестве более постоянной референтной точки на дистальном эпифизе бедренной кости использовать место прикрепления задней крестообразной связки на латеральной стенке медиальной мыщелка, принципиально не зависящее от степени дисплазии блока. Авторы назвали данный показатель индексом TT-PCL (tibial tubercle — posterior cruciate ligament) и определили его верхнюю границу нормы, равную 24 мм [21].

Z. Xu с соавторами рекомендуют иную модификацию этого показателя, заменяя точку борозды блока бедренной кости на точку, расположенную на вершине «римской арки» задней поверхности межмышечковой ямки бедренной кости. При этом получают индекс TT-RA, в норме равный менее 26 мм [22].

Проведенный T.J. Kim с соавторами сравнительный анализ установил, что на прецизионность расчетов индексов TT-TG и TT-PCL оказывают влияние учет антеверсии бедренной кости, медиализация межблоковой борозды и особенность анатомического строения проксимального отдела большеберцовой кости, что не всегда учитывается при их определении. Авторы указывают, что на параметры индекса TT-RA не влияет анатомическая изменчивость большеберцовой кости, поэтому погрешность значений может быть сведена к минимуму, и этот метод может быть альтернативным для определения латерализации бугристости большеберцовой кости, особенно когда измерение расстояния TT-TG неоднозначно [23]. Однако Z. Xu с соавторами утверждают, что в сравнении с дру-

гими параметрами все же наибольшей диагностической ценностью обладает расстояние TT-TG при учете всех анатомических особенностей строения разгибательного аппарата коленного сустава [24].

Диагностика типов дисплазии блока бедренной кости

Важнейшим и наиболее часто встречающимся проявлением дисплазии коленного сустава, определяющим нестабильность надколенника и создающим трудности при ее коррекции, является аномальная форма суставной поверхности блока бедренной кости. Именно эту патологию понимают в узком смысле под термином «дисплазия коленного сустава». Диагностика данной анатомической особенности проводится на основании анализа рентгенограмм коленного сустава в строго боковой проекции [9, 16, 25, 26] (рис. 3).

D. Dejour и P. Saggin в 2010 г. предложили классификацию дисплазий блока бедренной кости, представляющую собой усовершенствованную классификацию H. Dejour, лежащую в основе современных схем хирургического лечения пациентов с нестабильностью надколенника. В классификации выделяют четыре основных типа дисплазии блока, проявляющихся деформацией его суставной поверхности [27] (рис. 4).

На практике в классификации D. Dejour основной упор сделан на анализ томограмм в аксиальной плоскости, которые, в отличие от рентгенограмм в строго боковой проекции, легко получить в ходе стандартной КТ или МРТ. При этом они не имеют столь четких количественных критериев, в связи с чем обычно затруднен объективный анализ результатов хирургической стабилизации надколенника. Наличие тяжелых степеней дисплазии типов B, C, D обуславливает сложность хирургической коррекции нестабильности надколенника ввиду наличия патологической биомеханики в бедренно-надколенниковом сочленении коленного сустава [28, 29, 30].

Тяжесть типа дисплазии также оказывает влияние на состояние суставного хряща надколенника. Прогрессирующая гипоплазия наружного мыщелка бедренной кости в совокупности с несостоятельностью медиального ретинакулюма приводят к более выраженному травматическому повреждению суставной фасетки надколенника и, как следствие, — к развитию раннего пателлофemorального артроза [31].

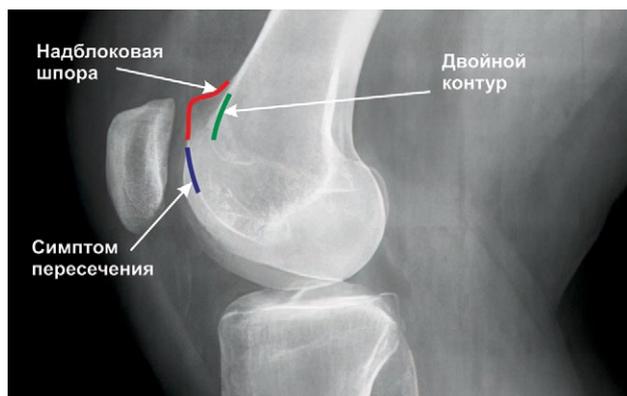


Рис. 3. Рентгенограмма коленного сустава в боковой проекции с признаками трохлеарной дисплазии: синяя линия — «симптом пересечения», представляющий самую глубокую точку трохлеарной борозды, пересекающей переднюю границу мыщелков бедренной кости; красная линия — «надблоковая шпора», выступ трохлеи на передней стороне коры бедренной кости; зеленая линия — «двойной контур», гипопластическая медиальная фасетка, расположенная позади латеральной фасетки

Fig. 3. X-ray of the knee joint with signs of trochlear dysplasia in the lateral projection: blue line — «crossing sign», representing the deepest point of the trochlear groove crossing the anterior border of the femoral condyles; red line — «supratrochlear spur», the prominence of the trochlea on the anterior side of the femoral cortex; green line — «double contour», hypoplastic medial facet located behind the lateral facet

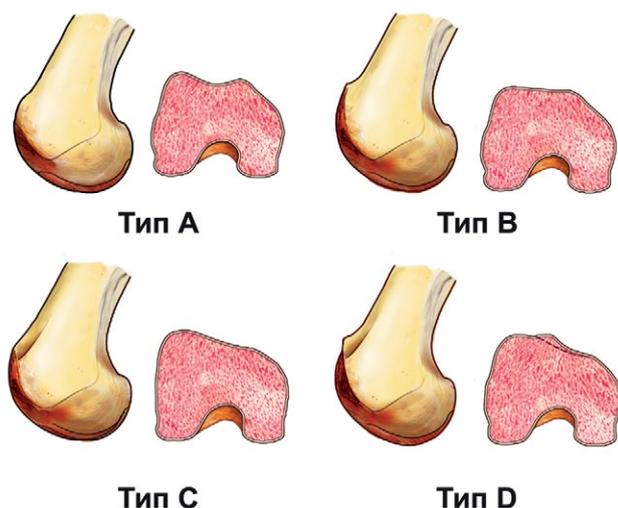


Рис. 4. Классификация дисплазий блока бедренной кости по D. Dejour

Fig. 4. D. Dejour classification of trochlear dysplasia

Факторы риска и особенности их хирургической коррекции

Восстановление медиальной пателло-фemorальной связки

Ведущим анатомическим фактором, предопределяющим развитие хронической нестабильности надколенника, является функциональная несостоятельность медиальной пателло-фemorальной связки (MPFL), обеспечивающей более 60% противодействия его латеральной дислокации при стрессовых нагрузках в ограниченном диапазоне амплитуды движений в коленном суставе. На сегодняшний день именно ее восстановление, способствующее устранению фронтальной нестабильности надколенника, является целью хирургического лечения такой патологии [32, 33, 34].

Согласно анатомо-биомеханическим исследованиям, медиальный ретинакулюм коленного сустава, помимо MPFL, имеет еще одну капсулярную связку — медиальную пателло-тибиальную (MPTL), которая является вспомогательным статическим стабилизатором надколенника при сгибании голени больше 30°, когда происходит физиологическое ослабление влияния MPFL. Комбинированную реконструкцию этих двух связок рассматривают как один из вариантов дополнительного армирования при восстановлении MPFL в случаях повышенного риска рецидива нестабильности надколенника, обусловленного его высоким стоянием и аномальной латерализацией бугристости большеберцовой кости, и как альтернативу транспозиции бугристости большеберцовой кости [35, 36, 37].

Анатомическая реконструкция связки имеет безусловный приоритет перед ее первичным швом или пластикой местными тканями [38, 39, 40]. В основе успеха лежит анатомичность расположения трансплантата [39]. Ключевым моментом реконструкции считают правильный выбор места его фиксации на медиальной поверхности внутреннего мыщелка бедренной кости, находящегося в задне-верхнем сегменте зоны прикрепления поврежденной нативной связки. Такое положение при сохранении нормальной амплитуды движений в коленном суставе вызывает изменение длины трансплантата менее чем на 4%. Достигаемая при этом анизометричность трансплантата обеспечивает правильную биомеханику и надежную стабилизацию надколенника в наиболее уязвимом его положении при начале сгибания голени, когда трансплантат испытывает максимальные тракционные нагрузки, являясь единственной структурой, удерживающей его от латеральной дислокации до момента вхождения в борозду блока бедренной кости [15, 38]. Типичные анатомические аномалии коленного сустава, в основе которых лежит его дисплазия, а также некорректное

расположение точки фиксации в области бедренной кости препятствуют правильному функционированию трансплантата и многократно увеличивают нагрузку на него, создавая условия для формирования стойких контрактур и рецидивной нестабильности.

В настоящее время для определения точки фиксации трансплантата в области медиального мыщелка бедренной кости применяют способ рентгенологического интраоперационного видеоконтроля по методике Schöttle, позволяющий значительно повысить точность, уменьшить инвазивность и сократить время операции [41] (рис. 5).

При тяжелых степенях дисплазии блока бедренной кости (типы C и D по D. Dejour) применение рентгенологического метода может изменить пространственное положение ориентиров и привести к серьезным ошибкам в расчетах. Во избежание этого целесообразно сочетать рентгенологические и традиционные анатомические ориентиры, дополняя их функциональным тестом, направленным на оценку степени натяжения трансплантата MPFL при различных углах сгибания в коленном суставе [30].

Просчеты в правильном выборе места фиксации трансплантата в бедренном туннеле, составляющие основную массу технических ошибок при реконструкциях MPFL, ведут к изменениям степени его натяжения в разных положениях коленного сустава и аномалии траектории движений надколенника [34]. Типичные смещения от точки анатомического прикрепления MPFL в области внутреннего мыщелка бедренной кости (Schöttle

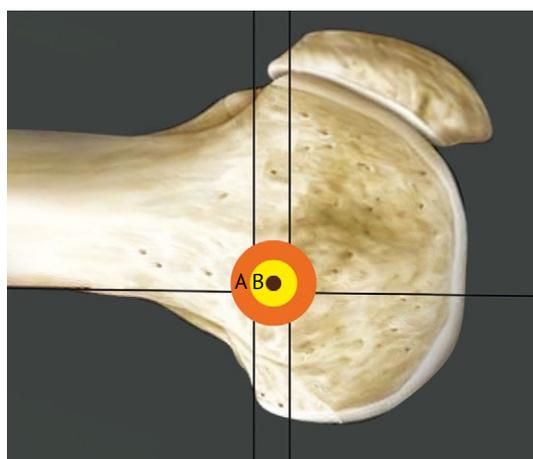


Рис. 5. Схема формирования туннеля для фиксации трансплантата MPFL в мыщелке бедренной кости: А — удовлетворительное позиционирование туннеля; В — корректное расположение туннеля

Fig. 5. Scheme of tunnel formation for fixation of the MPFL graft in the femoral condyle: А — satisfactory tunnel positioning; В — correct tunnel location

point) проксимально и кпереди при сгибании более 50–60° приводят к значительному увеличению натяжения трансплантата и формированию стойкой разгибательной контрактуры. В ходе реабилитации при форсированном восстановлении амплитуды движений путем редрессации возникает хондромалиция надколенника и блока бедренной кости, что в итоге приводит к повреждению и пластическому удлинению или тотальному разрыву трансплантата с рецидивом нестабильности [39, 42, 43]. Так, по данным Th. Neri с соавторами, ошибки в формировании бедренного туннеля при реконструкциях MPFL могут составлять до 33% [44].

Анатомичность фиксации трансплантата на проксимальной половине медиального края надколенника восстанавливает возможность его одновременного воздействия и на сухожилие четырехглавой мышцы бедра. Существуют два основных варианта такой фиксации, при которых трансплантат располагается в костных туннелях либо в костном желобе по краю надколенника, закрепленный интерферентными винтами, анкерами или трансоссальными швами. Главным требованием при этом являются прочность его фиксации в раннем послеоперационном периоде и минимизация риска переломов надколенника на уровне туннелей в последующем [35]. V.A. Raoulis с соавторами не выявили существенных различий между тремя вышеуказанными способами крепления трансплантата в области надколенника, однако использование интерферентных винтов показывает более жесткую степень фиксации трансплантата, а при использовании якорных и шовно-узловых фиксаторов пациенты отмечают менее выраженный болевой синдром в области переднего отдела коленного сустава [45].

Неудачи при восстановлении правильной траектории движения надколенника в ходе реконструкции MPFL могут быть связаны и с чрезмерным натяжением трансплантата, ведущим к его медиальному подвывиху. Чаще всего возникновение этого осложнения провоцирует расширенный релиз латерального ретинакулюма с рассечением латеральной пателло-фemorальной связки и отсечением части сухожилия латеральной головки четырехглавой мышцы [46]. В большинстве случаев при изолированной реконструкции MPFL рекомендуют воздерживаться от этой процедуры. При невозможности избежать латерального релиза вследствие стойкой контрактуры латерального ретинакулюма целесообразно выполнять не простое рассечение, а удлиняющую пластику его латеральной пателло-фemorальной связки [47, 48].

Стабильность и нормальная кинематика надколенника являются следствием комплексного взаимодействия мышц, капсульно-связочного аппарата, нормальной костной геометрии сус-

тавных поверхностей бедренно-надколенникового сочленения в условиях устойчивого опорного баланса конечности. При этом важнейшим фактором, принципиально влияющим на исходы лечения нестабильности надколенника в сторону повышения риска неудач даже при безупречном выполнении реконструкции MPFL, является часто встречающаяся анатомическая аномалия блока бедренной кости и разгибательного аппарата коленного сустава, имеющая диспластическую природу [49].

На сегодняшний день принято считать, что анатомическая реконструкция MPFL в целом ведет к хорошим анатомо-функциональным результатам с относительно небольшой частотой осложнений, особенно при невысоких функциональных запросах пациентов [18, 29, 50, 51, 52]. Однако исходы таких операций в большей степени зависят от корректности положения трансплантата этой связки и, главное, от факторов риска, носящих характер анатомических аномалий диспластического генеза. Так, ряд авторов отмечают, что без учета этих факторов выполнение простой реконструкции MPFL в изолированном варианте обеспечивает приемлемое восстановление функции коленного сустава в менее чем 40% случаев при частоте рецидивов нестабильности надколенника в 30–35% [43, 49, 53, 54]. M.J. Feucht с соавторами сообщили, что после простой изолированной реконструкции МНБС основными осложнениями, ведущими к ревизионным операциям, являются рецидивная нестабильность (35,6%) и стойкая контрактура сустава (22,2%) [55].

Костнопластические операции

В 1994 г. H. Dejour с соавторами выделили четыре фактора риска возникновения нестабильности надколенника: дисплазию блока бедренной кости; дисплазию четырехглавой мышцы бедра с латеральным наклоном надколенника более 20°; высокое стояние надколенника с индексом Caton–Deschamps более 1,2 и чрезмерную латерализацию бугристости большеберцовой кости относительно блока бедренной кости с индексом TT-TG более 20 мм. К признакам дисплазии блока на рентгенограммах коленного сустава в боковой проекции они отнесли симптомы «пересечения контура мышечков» и «трохлеарной патологической бугристости» или «шпоры», выступающей более чем на 3 мм над передней поверхностью диафиза, а также уплощения борозды блока с уменьшением его глубины на 4 мм и более (см. рис. 3). К анатомическим аномалиям, предрасполагающим к латеральной нестабильности надколенника, относят изменения ротационного профиля нижних конечностей в виде избыточной внутренней ротации мышечков бедренной кости более

25° и наружной торсии большеберцовой кости более 35° [8, 9, 28, 56].

Сложности в учете степени различных диспластических проявлений в структурах разгибательного аппарата коленного сустава и их влияния на результаты операций проявляются в том, что ряд авторов рассматривает дисплазию типа А как патологию, в то время как другие относят ее к пограничному состоянию или даже к категории условной нормы. R.N. Steensen с соавторами на основании проведенного исследования установили, что в группе пациентов с нестабильностью надколенника диспластические аномалии коленного сустава составляли 58,3%, а в контрольной — лишь 1,7%. При этом дисплазия блока бедренной кости отмечена у 68,3% больных и у 5,8% лиц контрольной группы, высокое стояние надколенника — у 60% и 20,8%, увеличение расстояния TT-TG — у 42% и 3,2% соответственно. Авторы акцентировали особое внимание на факторе пространственных деформаций нижней конечности на уровне коленного сустава во фронтальной (вальгусное отклонение большеберцовой кости) и горизонтальной (внутренняя торсия бедренной кости, наружная торсия большеберцовой кости) плоскостях [57].

Некоторые авторы отмечают, что, как правило, у одного пациента присутствует сочетание двух этих типов анатомических изменений нижних конечностей и что при увеличении индекса TT-TG более 20 мм, выраженной вальгусной деформации нижней конечности и дисплазии блока типов В, С, D наблюдается повышенный риск «скрытых» торсионных деформаций конечности [55, 58].

Коррекция латерализации бугристости большеберцовой кости

Хирургическое лечение пациентов с увеличенным показателем TT-TG состоит в его уменьшении путем медиальной транспозиции бугристости большеберцовой кости вместе с местом прикрепления связки надколенника по Elmslie–Trillat [59] (рис. 6).

Техническая простота и биомеханический эффект транспозиции бугристости большеберцовой кости при увеличенном индексе TT-TG при коррекции диспластической нестабильности надколенника в сравнении с реконструктивной трохлеопластикой объясняют популярность этого универсального хирургического метода в современном комплексном лечении этой патологии. С этой позиции С.Е. Franciozi с соавторами считают, что в дополнение к реконструкции MPFL при увеличении TT-TG более 17 мм уже целесообразно выполнять медиализацию или антеромедиализацию по Fulkerson бугристости большеберцовой кости, доводя ее до 10–12 мм [60].

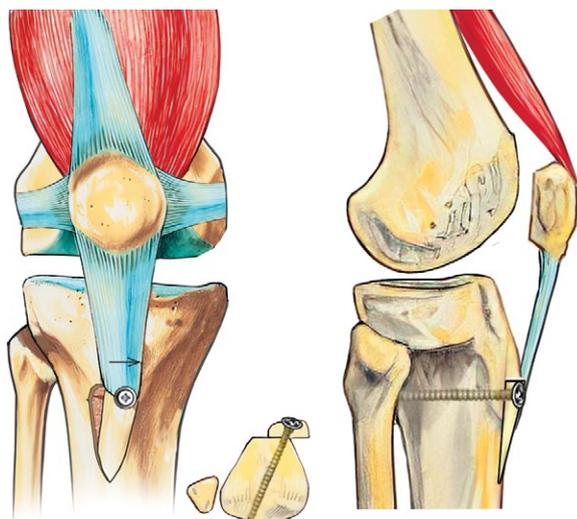


Рис. 6. Схема медиализирующей транспозиции бугристости большеберцовой кости по Elmslie – Trillat
Fig. 6. Scheme of medializing transposition of the tibial tuberosity according to Elmslie-Trillat

Чаще всего выполняют не просто медиализацию, а медиализацию с дистализацией, так как anomальная латерализация бугристости обычно сопровождается чрезмерно высоким стоянием надколенника. При этом на фоне выраженной дисплазии блока типов В, С, D следует учитывать возможность сопутствующих ротационных и фронтальных деформаций в контексте всей конечности на уровне коленного сустава, способных влиять на истинное значение показателя ТТ-TG [48]. По данным L. Jud с соавторами, при высокой надбугорковой деротационной остеотомии большеберцовой кости в ходе коррекции каждый градус ее внутренней деторсии сопровождается уменьшением индекса ТТ-TG на 0,68 мм [61].

Существует мнение, что дополнительные хирургические пособия, в первую очередь транспозиция бугристости большеберцовой кости, увеличивают длительность реабилитационного периода и могут повлиять на конечные результаты [39]. Одной из таких сложных комбинаций для выбора тактики хирургического лечения является дисплазия типа D в сочетании с показателем ТТ-TG более 20 мм [62]. L. Niemstra с соавторами объясняют особый риск рецидивов, присущий дисплазиям типов В и особенно D, при которых наблюдается выраженный клиновидный выступ (trochlear bump), превышающий 5 мм [63]. В подобных случаях показана трохлеопластика, а возможной альтернативой можно считать медиализирующе-дистализирующую транспозицию бугристости большеберцовой кости, позволяющую восстановить анатомо-биомеханические взаимоотношения надколенника и блока бедренной кости, не прибегая к его хирургической коррекции [30, 64] (рис. 7).

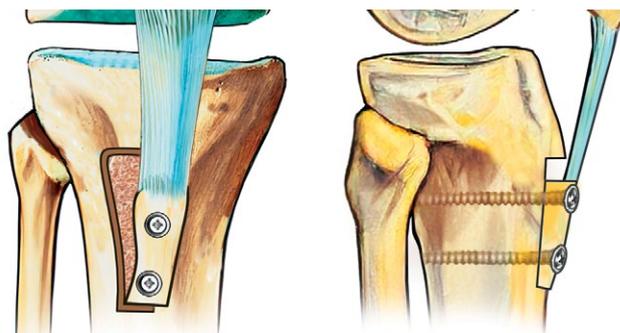


Рис. 7. Схема медиализирующе-дистализирующей транспозиции бугристости большеберцовой кости
Fig. 7. Scheme of distalization and medialization of the tibial tuberosity (DMTT)

Коррекция анатомических изменений бедренной кости

Данные о частоте дисплазии блока бедренной кости разного типа весьма разноречивы, что, по-видимому, объясняется вышеуказанной субъективностью их оценки. По данным ряда авторов, в ходе пристального изучения КТ и МРТ дисплазию блока выявляют у 65–85% пациентов с симптоматической нестабильностью надколенника и у 2–10% людей в контрольных группах [5, 16]. Исследование J.N. Liu с соавторами показало, что 92% пациентов, прооперированных по поводу нестабильности надколенника, имели признаки блоковой дисплазии, в том числе типа А (8%), В (23%), С (26%) и D (43%) [50]. В 2020 г. группа авторов из Мюнхенского технического университета сообщила, что у всех обследованных пациентов с нестабильностью надколенника (151 пациент) были выявлены анатомические признаки трохлеарной дисплазии. При этом легкая степень типа А выявлена в 33% случаев, а тяжелая степень типов В, С, D — в 67% [58].

По мнению A. Geierlehner с соавторами, подавляющее большинство ортопедических хирургов, в том числе специализирующихся в общей реконструктивно-восстановительной хирургии коленного сустава, избегают пациентов со сложными диспластическими аномалиями либо при их лечении ограничиваются набором более простых и типичных приемов реконструкции MPFL в сочетании с выполняемым по показаниям удлинением латерального ретинакулюма и транспозициями бугристости большеберцовой кости [51].

Современное патогенетически обоснованное хирургическое лечение трохлеарной дисплазии представляет собой углубляющую блок бедренной кости субхондральную реконструкцию (трохлеопластику), являющуюся технически сложной и весьма инвазивной операцией, а потому имеющую достаточно строго ограниченные показания

в виде тяжелой степени дисплазии (типы В и D) с аномальной траекторией движения нестабильного надколенника. Вследствие этого на практике чаще всего показания к таким операциям ставят при тяжелых дисплазиях, особенно при ревизионных стабилизациях этих суставов. Главной целью таких операций является резекция клиновидного выступа, характерного для наиболее выраженной степени дисплазии блока (тип D) с формированием анатомически вогнутой поверхности, нормализующей траекторию движения и стабилизирующей надколенник [28, 64, 65] (рис. 8).

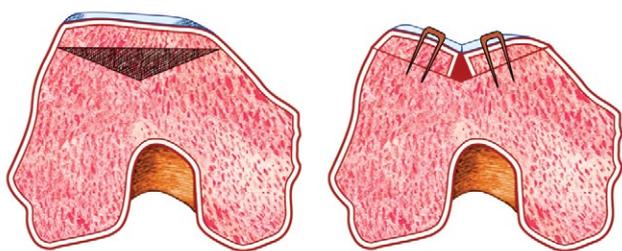


Рис. 8. Схема трохлеопластики по D. Dejour (2010)

Fig. 8. Scheme of trochleoplasty according to D. Dejour (2010)

По данным ряда авторов, у пациентов с нестабильностью надколенника, редко сопровождающейся выраженной дисплазией блока бедренной кости, рациональнее ограничиться именно реконструкцией MPFL в комплексе с транспозицией бугристости большеберцовой кости, а при выраженной вальгусной деформации конечности на уровне коленного сустава выполнить вариизирующую остеотомию бедренной кости или ее деротационную остеотомию. При этом в случаях

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Хоминец В.В. — дизайн обзора, написание и редактирование статьи.

Конокотин Д.А. — концепция, сбор и анализ данных, написание статьи.

Рикун О.В. — сбор и анализ данных, написание и редактирование текста статьи.

Федотов А.О. — концепция статьи, написании текста статьи.

Гранкин А.С. — написание и редактирование статьи.

Воробьев А.С. — сбор и анализ данных.

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.

ригидного латерального ретинакулюма можно дополнять эту комбинацию удлиняющей пластикой латеральной пателло-фemorальной связки с последующим исключением стрессовой ротационной нагрузки на разгибательный аппарат коленного сустава, а при невозможности выполнения этого условия — дополнительным применением внешней фиксации надколенника специальным брейсом [66, 67, 68].

S. Zaffagnini с соавторами также отмечают, что проведение необоснованной трохлеопластики в случаях относительно простых дисплазий типов А и С не ведет к заметному сокращению числа рецидивов нестабильности. У таких пациентов целесообразна традиционная пластика MPFL в изолированном варианте или в комбинации с транспозицией бугристости большеберцовой кости. При тяжелых же формах дисплазии (типы В и D) комбинация трохлеопластики с реконструкцией MPFL способствует реальному улучшению исходов как при ревизионных, так и при первичных операциях [66].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основе современной органосохраняющей хирургии нестабильности надколенника вне зависимости от сроков ее проведения лежит индивидуальный подход к выбору метода и объема вмешательства. При этом во всех случаях обязательным условием является восстановление целостности MPFL как ключевого элемента медиального ретинакулюма. Показания к дополнительной коррекции анатомических особенностей разгибательного аппарата сустава определяются уже степенью их дисплазии и связанных с ней нарушений биомеханики, возрастом и функциональными запросами пациентов.

DISCLAIMERS

Author contribution

Khominets V.V. — the design, the writing and the drafting of the article.

Konokotin D.A. — the conception, data collection and processing, the writing of the article.

Rikun O.V. — data collection and processing, he writing and the drafting of the article.

Fedotov A.O. — he conception, the writing of the article.

Grankin A.S. — the writing and the drafting of the article.

Vorobiev A.S. — data collection and processing.

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

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

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

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

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Sanders T.L., Pareek A., Hewett T.E., Stuart M.J., Dahm D.L., Krych A.J. Incidence of first-time lateral patellar dislocation: a 21-year population-based study. *Sports Health*. 2018;10(2):146-151. doi: 10.1177/1941738117725055.
- Majewski M., Susanne H., Klaus S. Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. *Knee*. 2006;13(3):184-188. doi: 10.1016/j.knee.2006.01.005.
- Moiz M., Smith N., Smith T.O., Chawla A., Thompson P., Metcalfe A. Clinical Outcomes After the Nonoperative Management of Lateral Patellar Dislocations: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. 2018;6(6):2325967118766275. doi: 10.1177/2325967118766275.
- Magnussen R.A., Verlage M., Stock E., Zurek L., Flanigan D.C., Tompkins M. et al. Primary patellar dislocations without surgical stabilization or recurrence: how well are these patients really doing? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(8):2352-2356. doi: 10.1007/s00167-015-3716-3.
- Huntington L.S., Webster K.E., Devitt B.M., Scanlon J.P., Feller J.A. Factors associated with an increased risk of recurrence after a first-time patellar dislocation. A systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2019;48(10):2552-2562. doi: 10.1177/0363546519888467.
- Salonen E.E., Magga T., Sillanpää P.J., Kiekara T., Mäenpää H., Mattila V.M. Traumatic patellar dislocation and cartilage injury: a follow-up study of long-term cartilage deterioration. *Am J Sports Med*. 2017;45(6):1376-1382. doi: 10.1177/0363546516687549.
- Орлецкий А.К., Тимченко Д.О., Гордеев Н.А. Развитие подходов к лечению нестабильности надколенника. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2021;28(1):109-120. doi: 10.17816/vto63217. Orletskiy A.K., Timchenko D.O., Gordeev N.A. Development of approaches to treatment of knee instability. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(1):109-120. (In Russian). doi: 10.17816/vto63217.
- Balcarek P., Oberthür S., Hopfensitz S., Frosch S., Walde T.A., Wachowski M.M. et al. Which patellae are likely to redislocate? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(10):2308-2314. doi: 10.1007/s00167-013-2650-5.
- Dejour H., Walch G., Nove-Josserand L., Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2(1):19-26. doi: 10.1007/BF01552649.
- Koh J.L., Stewart C. Patellar instability. *Clin Sports Med*. 2014;33(3):461-476. doi: 10.1016/j.csm.2014.03.011.
- Lewallen L., McIntosh A., Dahm D. First-time patellofemoral dislocation: risk factors for recurrent instability. *J Knee Surg*. 2015;28(4):303-309. doi: 10.1055/s-0034-1398373.
- Pruneski J., O'Mara L., Perrone G.S., Kiapour A.M. Changes in Anatomic Risk Factors for Patellar Instability During Skeletal Growth and Maturation. *Am J Sports Med*. 2022;50(9):2424-2432. doi: 10.1177/03635465221102917.
- Thakkar R.S., Del Grande F., Wadhwa V., Chalian M., Andreisek G., Carrino J.A. et al. Patellar instability: CT and MRI measurements and their correlation with internal derangement findings. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(9):3021-3028. doi: 10.1007/s00167-015-3614-8.
- Huber Ch., Zhang Q., Taylor W.R., Amis A.A., Smith C., Nasab S.H.H. Properties and function of the medial patellofemoral ligament A systematic review. *Am J Sports Med*. 2020;48(3):754-766. doi: 10.1177/0363546519841304.
- Ragot L., Gerber F., Lannes X., Moerenhout K. The use of a 30-degree radiolucent triangle during surgery in distal avulsion fractures of the patella. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):204. doi: 10.1186/s13018-023-03631-w.
- Neyret P., Robinson A.H.N., Le Coultre B., Lapra C., Chambat P. Patellar tendon length – the factor in patellar instability? *Knee*. 2002;9(1):3-6. doi: 10.1016/s0968-0160(01)00136-3.
- Fathalla I., Holton J., Ashraf T. Examination under anesthesia in patients with recurrent patellar dislocation: prognostic study. *J Knee Surg*. 2019;32(4):361-365. doi: 10.1055/s-0038-1641174.
- Zhang L., Li Z. Long-term clinical results of double bundle reconstruction of the medial patellofemoral ligament for patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(2):153-159. doi: 10.1055/s-0038-1636913.
- Luceri F., Roger J, Randelli P.S., Lustig S., Servien E. How does isolated medial patellofemoral ligament reconstruction influence patellar height? *Am J Sports Med*. 2020;48(4):895-900. doi: 10.1177/0363546520902132.
- Tan S.H.S., Hui S.J., Doshi C., Wong K.L., Lim A.K.S., Hui J.H. The Outcomes of Distal Femoral Varus Osteotomy in Patellofemoral Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Knee Surg*. 2020;33(5):504-512. doi: 10.1055/s-0039-1681043.
- Seitlinger G., Scheurecker G., Högl R., Labey L., Innocenti B., Hofmann S. Tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance: a new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. *Am J Sports Med*. 2012;40(5):1119-1125. doi: 10.1177/0363546512438762.

22. Xu Z., Zhang H., Fu B., Mohamed S.I., Zhang J., Zhou A. Tibial Tubercle-Roman Arch Distance: A New Measurement of Patellar Dislocation and Indication of Tibial Tubercle Osteotomy. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(4):2325967120914872. doi: 10.1177/2325967120914872.
23. Kim T.J., Lee T.J., Song H.S., Bae J.H. The Tibial Tuberosity-Rotational Angle as a Novel Predisposing Parameter for Patellar Dislocation. *Orthop J Sports Med.* 2022;10(12):23259671221142626. doi: 10.1177/23259671221142626.
24. Xu Z., Zhang H., Yan W., Qiu M., Zhang J., Zhou A. Validating the Role of Tibial Tubercle-Posterior Cruciate Ligament Distance and Tibial Tubercle-Trochlear Groove Distance Measured by Magnetic Resonance Imaging in Patients With Patellar Dislocation: A Diagnostic Study. *Arthroscopy.* 2021;37(1):234-242. doi: 10.1016/j.arthro.2020.09.004.
25. Zhang Z., Zhang H., Song G., Zheng T., Ni Q., Feng H. Increased femoral anteversion is associated with inferior clinical outcomes after MPFL reconstruction and combined tibial tubercle osteotomy for the treatment of recurrent patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(7):2261-2269. doi: 10.1007/s00167-019-05818-3.
26. Lee K.W., Seo D.K., Bae J.Y., Ra H.J., Choi S.J., Kim J.K. Usefulness of three-dimensional computed tomography for patellofemoral measurement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(4):1423-1429. doi: 10.1007/s00167-021-06624-6.
27. Dejour D., Saggin P. The sulcus deepening trochleoplasty—the Lyon's procedure. *Int Orthop.* 2010;34(2):311-316. doi: 10.1007/s00264-009-0933-8.
28. Tecklenburg K., Dejour D., Hoser C., Fink C. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):235-240. doi: 10.1007/s00167-005-0683-0.
29. Hiemstra L.A., Kerslake S., Kupfer N., Lafave M. Patellofemoral Stabilization: Postoperative Redirection and Risk Factors Following Surgery. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(6):2325967119852627. doi: 10.1177/2325967119852627.
30. Izadpanah K., Meine H., Kubosch J., Lang G., Fuchs A., Maier D. et al. Fluoroscopic guided tunnel placement during medial patellofemoral ligament reconstruction is not accurate in patients with severe trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):759-766. doi: 10.1007/s00167-019-05413-6.
31. Бур'янов О.А., Кришук М.Г., Костогриз О.А., Лиходій В.В., Єщенко В.О. Задніченко М.О. Features of structural and functional disorders in patellar instability associated with femoral condyle dysplasia (clinical and experimental study). *Trauma.* 2013;14(5):58-63. (In Ukrainian).
32. Balcarek P., Ammon J., Frosch S., Walde T.A., Schüttrumpf J.P., Ferlemann K.G. et al. Magnetic resonance imaging characteristics of the medial patellofemoral ligament lesion in acute lateral patellar dislocations considering trochlear dysplasia, patella alta, and tibial tuberosity-trochlear groove distance. *Arthroscopy.* 2010;26(7):926-935. doi: 10.1016/j.arthro.2009.11.004.
33. Conlan T., Garth W.P. Jr., Lemons J.E. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(5):682-693. doi: 10.2106/00004623-199305000-00007.
34. Kernkamp W.A., Wang C., Li C., Hu H., van Arkel E.R.A., Nelissen R.G.H.H. et al. The Medial Patellofemoral Ligament Is a Dynamic and Anisometric Structure: An in Vivo Study on Length Changes and Isometry. *Am J Sports Med.* 2019;47(7):1645-1653. doi: 10.1177/0363546519840278.
35. Yang Y., Zhang Q. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament and reinforcement of the medial patellotibial ligament is an effective treatment for patellofemoral instability with patella alta. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(8):2995-2907. doi: 10.1007/s00167-018-5281-z.
36. Hetsroni I., Mann G., Dolev E., Nyska M. Combined reconstruction of the medial patellofemoral and medial patellotibial ligaments: outcomes and prognostic factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(2):507-515. doi: 10.1007/s00167-018-5145-6.
37. Redler L.H., Spang R.C., Tepolt F., Davis E.A., Kocher M.S. Combined reconstruction of the medial patellofemoral ligament [MPFL] and medial quadriceps tendon-femoral ligament [MQTFL] for patellar instability in children and adolescents: surgical technique and outcomes. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(7). doi: 10.1177/2325967117S00387.
38. Маланин Д.А., Новиков Д.А., Сучилин И.А., Черезов Л.Л. Роль внутренней бедренно-надколенной связки в обеспечении устойчивости надколенника: особенности анатомического строения и биомеханики. *Травматология и ортопедия России.* 2015;(2):56-65. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-2-56-65. Malanin D.A., Novikov D.A., Suchilin I.A., Cheresov L.L. Significance of medial patello-femoral ligament in support of patella stability: features of anatomy and biomechanics. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2015;(2):56-65. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-2-56-65.
39. Erickson B.J., Nguyen J., Gasik K., Gruber S., Brady J., Shubin Stein B.E. Isolated Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Patellar Instability Regardless of Tibial Tubercle-Trochlear Groove Distance and Patellar Height: Outcomes at 1 and 2 Years. *Am J Sports Med.* 2019;47(6):1331-1337. doi: 10.1177/0363546519835800.
40. Post W.R., Fithian D.C. Patellofemoral Instability: A Consensus Statement From the AOSSM/PFF Patellofemoral Instability Workshop. *Orthop J Sports Med.* 2018;6(1):2325967117750352. doi: 10.1177/2325967117750352.
41. Schöttle P.B., Schmeling A., Rosenstiel N., Weiler A. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2007;35(5):801-804. doi: 10.1177/0363546506296415.
42. Migliorini F., Driessen A., Quack V., Gatz M., Tingart M., Eschweiler J. Surgical versus conservative treatment for first patellofemoral dislocations: a meta-analysis of clinical trials. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2020;30(5):771-780. doi: 10.1007/s00590-020-02638-x.
43. Schmeling A., Schöttle P. Revisionen nach MPFL rekonstruktion. *Arthroskopie.* 2015;28:202-212. doi: 10.1007/s00142-015-0028-z.
44. Neri T., Parker D.A., Putnis S., Klasan A., Trombert-Paviot B., Farizon F. et al. Clinical and Radiological Predictors of Functional Outcome After Isolated Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction at Midterm Follow-up. *Am J Sports Med.* 2019;47(6):1338-1345. doi: 10.1177/0363546519831294.

45. Raoulis V.A., Zibis A., Chiotelli M.D., Kermanidis A.T., Banios K., Schuster P. et al. Biomechanical evaluation of three patellar fixation techniques for MPFL reconstruction: Load to failure did not differ but interference screw stabilization was stiffer than suture anchor and suture-knot fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(11):3697-3705. doi: 10.1007/s00167-020-06389-4.
46. Berton A., Salvatore G., Orsi A., Egan J., DeAngelis J., Ramappa A. et al. Lateral retinacular release in concordance with medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with recurrent patellar instability: A computational model. *Knee.* 2022;39:308-318. doi: 10.1016/j.knee.2022.10.006.
47. Levy B.J., Jimenez A.E., Fitzsimmons K.P., Pace J.L. Medial patellofemoral ligament reconstruction and lateral retinacular lengthening in the skeletally immature patient. *Arthrosc Tech.* 2020;9(6):e737-e745. doi: 10.1016/j.eats.2020.02.004.
48. Patel N.K., Lesniak B.P. Editorial commentary: medial patellofemoral ligament reconstruction: are we overtesting the graft? *Arthroscopy.* 2020;48(5):1396-1397. doi: 10.1016/j.arthro.2020.02.035.
49. Biesert M., Johansson A., Kostogiannis I., Roberts D. Self reported and performance based outcomes following medial patellofemoral ligament reconstruction indicate successful improvements in knee stability after surgery despite remaining limitations in knee function. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):934-940. doi: 10.1007/s00167-019-05570-8.
50. Liu J.N., Brady J.M., Kalbian I.L., Strickland S.M., Ryan C.B., Nguyen J.T. et al. Clinical Outcomes After Isolated Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Patellar Instability Among Patients With Trochlear Dysplasia. *Am J Sports Med.* 2018;46(4):883-889. doi: 10.1177/0363546517745625.
51. Geierlehner A., Liebensteiner M., Schottle P., Dirisamer F. Prevailing disagreement in the treatment of complex patellar instability cases: an online expert survey of the AGA Knee-Patellofemoral Committee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(8):2697-2705. doi: 10.1007/s00167-020-05936-3.
52. Blønd L., Schöttle P.B. The arthroscopic deepening trochleoplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(4):480-485. doi: 10.1007/s00167-009-0935-5.
53. Королев А.В., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Сеницкий М.А., Каданцев П.М., Афанасьев А.П. и др. Транспателлярная реконструкция медиальной пателлофеморальной связки ауто трансплантатом из сухожилия полусухожильной мышцы. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(3):91-102. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-91-102. Korolev A.V., Magnitskaya N.E., Ryazantsev M.S., Sinitskiy M.A., Kadantsev P.M., Afanas'yev A.P. et al. Transpatellar reconstruction of medial patellofemoral ligament by semitendinous tendon autograft. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(3):91-102. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-91-102.
54. Shah J.N., Howard J.S., Flanigan D.C., Brophy R.H., Carey J.L., Lattermann C. A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2012;40(8):1916-1923. doi: 10.1177/0363546512442330.
55. Feucht M.J., Mehl J., Forkel Ph., Achtnich A., Schmitt A., Izadpanah K. et al. Failure analysis in patients with patellar redislocation after primary isolated medial patellofemoral ligament reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(6):2325967120926178. doi: 10.1177/2325967120926178.
56. Dejour D., Le Coultre B. Osteotomies in patello-femoral instabilities. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2007;15(1):39-46. doi: 10.1097/JSA.0b013e31803035ae.
57. Steensen R.N., Bentley J.C., Trinh T.Q., Backes J.R., Wiltfong R.E. The prevalence and combined prevalences of anatomic factors associated with recurrent patellar dislocation: a magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med.* 2015;43(4):921-927. doi: 10.1177/0363546514563904.
58. Imhoff F., Funke V., Muench L.N., Sauter A., Englmaier M., Woertler R., Imhoff M.B., Feucht M.J. The complexity of bony malalignment in patellofemoral disorders: femoral and tibial torsion, trochlear dysplasia, TT-TG distance, and frontal mechanical axis correlate with each other. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):897-900. doi: 10.1007/s00167-019-05542-y.
59. Brown D.E., Alexander A.H., Lichtman D.M. The Elmslie-Trillat procedure: evaluation in patellar dislocation and subluxation. *Am J Sports Med.* 1984;12(2):104-109. doi: 10.1177/036354658401200203.
60. Franciozi C.E., Ambra L.F., Albertoni L.J.B., Debieux P., Granata G.S.M. Jr., Kubota M.S. et al. Anteromedial Tibial Tubercle Osteotomy Improves Results of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Instability in Patients With Tibial Tuberosity-Trochlear Groove Distance of 17 to 20 mm. *Arthroscopy.* 2019;35(2):566-574. doi: 10.1016/j.arthro.2018.10.109.
61. Jud L., Singh S., Tondelli T., Fürnstahl P., Fucentese S.F., Vlachopoulos L. Combined Correction of Tibial Torsion and Tibial Tuberosity-Trochlear Groove Distance by Supratuberositary Torsional Osteotomy of the Tibia. *Am J Sports Med.* 2020;48(9):2260-2267. doi: 10.1177/0363546520929687.
62. Arendt E.A., Askenberger M., Agel J., Tompkins M.A. Risk of redislocation after primary patellar dislocation: a clinical prediction model based on magnetic resonance imaging variables. *Am J Sports Med.* 2018;44(14):3385-3390. doi: 10.1177/0363546518803936.
63. Hiemstra L.A., Peterson D., Youssef M., Soliman J., Banfield L., Olufemi R. et al. Trochleoplasty provides good clinical outcomes and an acceptable complication profile in both short and long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(9):2967-2983. doi: 10.1007/s00167-018-5311-x.
64. Hiemstra L.A., Kerslake S., Loewen M., Lafave M. Effect of Trochlear Dysplasia on Outcomes After Isolated Soft Tissue Stabilization for Patellar Instability. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1515-1523. doi: 10.1177/0363546516635626.
65. Longo U., Vincenzo C., Mannuring N., Ciuffreda M., Salvatore G., Berton A. et al. Trochleoplasty techniques provide good clinical results in patients with trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(9):2640-2658. doi: 10.1007/s00167-017-4584-9.
66. Zaffagnini S., Previtali D., Tamborini S., Pagliuzzi G., Filardo G., Candrian Ch. Recurrent patellar dislocations: trochleoplasty improves the results of medial patellofemoral ligament surgery only in severe trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(11):3599-3613. doi: 10.1007/s00167-019-05469-4.

67. Tan S.H.S., Lim B.Y., Chng K.S.J., Doshi C., Wong F.K.L., Lim A.K.S. et al. The Difference between Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Measurements of Tibial Tubercle-Trochlear Groove Distance for Patients with or without Patellofemoral Instability: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Knee Surg.* 2020;33(8):768-776. doi: 10.1055/s-0039-1688563.
68. Zhang Z., Cao Y., Song G., Li Y., Zheng T., Zhang H. Derotational femoral osteotomy for treating recurrent patellar dislocation in the presence of increased femoral anteversion: a systematic review. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(11):23259671211057126. doi: 10.1177/23259671211057126.

Сведения об авторах

✉ Конокотин Дмитрий Александрович
 Адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург,
 ул. Академика Лебедева, д. 6
<http://orcid.org/0000-0003-3100-0321>
 e-mail: konokotin.dmitry@yandex.ru
 Хоминец Владимир Васильевич — д-р мед. наук,
 профессор
<https://orcid.org/0000-0001-9391-3316>
 e-mail: khominets_62@mail.ru
 Рикун Олег Владимирович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-2027-8996>
 e-mail: rikoleg@yandex.ru
 Федотов Алексей Олегович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-9953-9385>
 e-mail: alexfedot83@gmail.com
 Гранкин Алексей Сергеевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-4565-9066>
 e-mail: aleksey-grankin@yandex.ru
 Воробьев Александр Сергеевич
<https://orcid.org/0009-0006-8878-0145>
 e-mail: aleks.vorobev2000@mail.ru

Authors' information

✉ Dmitri A. Konokotin
 Address: 6, St. Petersburg, Akademika Lebedeva st.,
 194044, Russia
<http://orcid.org/0000-0003-3100-0321>
 e-mail: konokotin.dmitry@yandex.ru
 Vladimir V. Khominets — Dr. Sci. (Med.), Professor
<http://orcid.org/0000-0001-9391-3316>
 e-mail: khominets_62@mail.ru
 Oleg V. Rikun — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-2027-8996>
 e-mail: rikoleg@yandex.ru
 Aleksey O. Fedotov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-9953-9385>
 e-mail: alexfedot83@gmail.com
 Aleksey S. Grankin — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-4565-9066>
 e-mail: aleksey-grankin@yandex.ru
 Alexandr S. Vorobyev
<https://orcid.org/0009-0006-8878-0145>
 e-mail: aleks.vorobev2000@mail.ru



Анатомо-биомеханические особенности латерального отдела коленного сустава и связанные с ними технические аспекты одномышцелкового эндопротезирования: лекция

Д.В. Чугаев, Е.Д. Кравцов, Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба

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

Реферат

Частота выполнения латерального одномышцелкового эндопротезирования коленного сустава оценивается, по данным современной литературы, в 1% от всего объема артропластик коленного сустава. Современные исследования показывают, что, если данная операция выполнена по показаниям и технически корректно, она столь же эффективна и безопасна, как и тотальное эндопротезирование. Потенциальными преимуществами частичного замещения сустава являются меньшая травматичность по сравнению с тотальным, меньшая периоперационная кровопотеря, более быстрая реабилитация пациента и возможность сохранить нативную проприорецепцию сустава. В то же время важно помнить, что для успешного проведения данного вида частичного эндопротезирования коленного сустава, кроме корректного отбора пациентов, необходимо учитывать техническую сложность выполнения данного вмешательства, высокие требования к материальной оснащённости операционной и к прецизионной хирургической технике, осуществляемой опытным хирургом. Несоблюдение этих условий будет нивелировать все потенциальные преимущества и способно привести пациента к ревизионному вмешательству уже в краткосрочной перспективе. Одномышцелковое эндопротезирование не является половиной операции тотального замещения сустава, а парциальная артропластика латерального отдела коленного сустава имеет лишь общее сходство с гораздо более популярной и отработанной операцией медиального одномышцелкового эндопротезирования. Данные различия кроются в первую очередь в сложной анатомии и биомеханике латерального отдела коленного сустава, имитировать которые даже с использованием анатомичных современных имплантатов является непростой задачей. Развитие роботизированной хирургии, использование персонифицированных имплантатов поможет решить эту задачу более эффективно, но в настоящее время в рутинной практике мы можем рассчитывать лишь на конвенциональные инструменты и оптимизировать свою работу с ними. Перед авторами данной статьи стояла задача сформулировать основные современные представления об анатомии и биомеханике латерального отдела коленного сустава и связанных с ними узкоспецифичных технических аспектах хирургической техники парциальной латеральной артропластики с использованием имплантата с фиксированной тибиальной платформой.

Ключевые слова: латеральный отдел коленного сустава, одномышцелковое эндопротезирование коленного сустава, анатомия коленного сустава, биомеханика коленного сустава.

Для цитирования: Чугаев Д.В., Кравцов Е.Д., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Анатомо-биомеханические особенности латерального отдела коленного сустава и связанные с ними технические аспекты одномышцелкового эндопротезирования: лекция. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):144-158. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2042>.

Чугаев Дмитрий Валерьевич; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Рукопись получена: 08.01.2023. Рукопись одобрена: 06.04.2023. Статья опубликована онлайн: 26.05.2023.

© Чугаев Д.В., Кравцов Е.Д., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., 2023



Anatomical and Biomechanical Features of the Lateral Compartment of the Knee and Associated Technical Aspects of Unicompartmental Knee Arthroplasty: Lecture

Dmitrii V. Chugaev, Evgeniy D. Kravtsov, Nikolai N. Kornilov, Taras A. Kuliaba

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

Abstract

The frequency of lateral unicompartmental knee arthroplasty is estimated at 1% of the total volume of knee arthroplasties, according to contemporary literature. Recent studies analyzing this type of surgical intervention indicate that when performed with proper indications and technical accuracy, it is equally effective and safe as total knee arthroplasty. Potential advantages of partial knee replacement include reduced invasiveness compared to total knee arthroplasty, lower perioperative blood loss, faster patient rehabilitation, and preservation of native joint proprioception. However, it is important to consider that successful implementation of lateral unicompartmental knee arthroplasty requires not only appropriate patient selection but also technical proficiency, advanced operating room equipment, and precise surgical techniques performed by experienced surgeons. Failure to meet these conditions can negate the potential benefits and may lead to early revision surgery. It is evident that unicompartmental knee arthroplasty is not simply a half-operation of total joint replacement, and the lateral compartment's partial arthroplasty only shares general similarities with the more popular and established medial unicompartmental knee arthroplasty. The differences lie primarily in the complex anatomy and biomechanics of the lateral compartment, which present a challenging task even with the use of modern anatomically designed implants. The development of robotic surgery and personalized joint implants may help overcome these challenges more effectively. However, in our current routine practice, we rely on conventional instruments and strive to optimize our techniques. The authors of this article aim to provide an overview of the contemporary understanding of the anatomy and biomechanics of the lateral compartment of the knee and the specific technical aspects related to partial lateral arthroplasty using a fixed tibial platform implant.

Keywords: lateral unicompartmental knee arthroplasty, knee anatomy, knee biomechanics.

Cite as: Chugaev D.V., Kravtsov E.D., Kornilov N.N., Kuliaba T.A. Anatomical and Biomechanical Features of the Lateral Compartment of the Knee and Associated Technical Aspects of Unicompartmental Knee Arthroplasty: Lecture. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):144-158. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-2042>.

✉ Dmitrii V. Chugaev; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Submitted: 08.01.2023. Accepted: 06.04.2023. Published Online: 26.05.2023.

© Chugaev D.V., Kravtsov E.D., Kornilov N.N., Kuliaba T.A., 2023

ВВЕДЕНИЕ

«Вся эта книга об одном только протезе коленного сустава, и более того, только о половине протеза...», — писали P.R. Aldinger с соавторами в своем руководстве по одномышцелковому эндопротезированию, несколько иронизируя над высокой степенью специализации современной ортопедии [1]. В то же время, если какое-то специфическое хирургическое вмешательство является эффективным и безопасным, пусть и для небольшой группы пациентов, стоит ли от него отказываться?

Так, в настоящее время в структуре артропластики коленного сустава в разных ортопедических клиниках частичная артропластика составляет от 5 до 40%. Но если отдельно проанализировать количество операций по замещению латерального отдела коленного сустава, то окажется, что их число не превышает 1% от общего числа вмешательств данного профиля [2]. Это обусловлено рядом причин, из которых наиболее важными являются меньшее число пациентов с вальгусной деформацией в популяции, большая разнородность частоты выполнения частичного эндопротезирования в мире от страны к стране, противоречивые результаты ранних исследований, оценивавших эффективность и безопасность данной операции, а также технические трудности, связанные с хирургическим вмешательством и обусловленные уникальностью анатомо-функционального строения латерального отдела коленного сустава. Освещению технических путей преодоления проблем, специфичных для частичного замещения латерального отдела коленного сустава, и посвящена данная статья.

Анатомические и биомеханические особенности латерального отдела коленного сустава

С точки зрения анатомии и биомеханики латеральный отдел коленного сустава значительно отличается от медиального, что делает хирургическую технику его парциального замещения искусственным суставом высокоспецифичной. Анатомические различия медиального и латерального отделов коленного сустава включают ряд важных аспектов: различия в задних наклонах (slope) латерального и медиального мыщелков большеберцовой кости, а также разную величину их переднезаднего размера [3, 4]. Несмотря на то, что костные ориентиры латерального и медиального отделов большеберцовой кости во фронтальной плоскости расположены примерно на одном уровне, за счет хрящевой ткани латеральное плато имеет более выпуклую форму и расположено несколько проксимальнее, чем медиальное плато. Также немаловажно отметить, что латеральный мениск имеет O-образную форму, более подвижен, шире

и толще C-образного медиального мениска [5]. Обращая внимание на данную особенность, O.C. Brantigan и A.F. Voshell писали: «Медиальный мыщелок бедренной кости является осью вращения коленного сустава» [6]. Под этим авторы, очевидно, понимали то, что при сгибании медиальный мыщелок бедренной кости, имея выпуклую форму и практически не смещаясь, скользит в углублении медиального мыщелка большеберцовой кости, в то время как латеральные мыщелки бедренной и большеберцовой костей имеют выпуклую форму, в связи с чем смещения наружных мыщелков костей, образующих коленный сустав, друг относительно друга, более значительны. Также важно отметить, что при сгибании медиальный мениск практически недвижим, в то время как латеральный мениск, особенно в крайних углах сгибания, значительно транслируется кзади [7] (рис. 1).

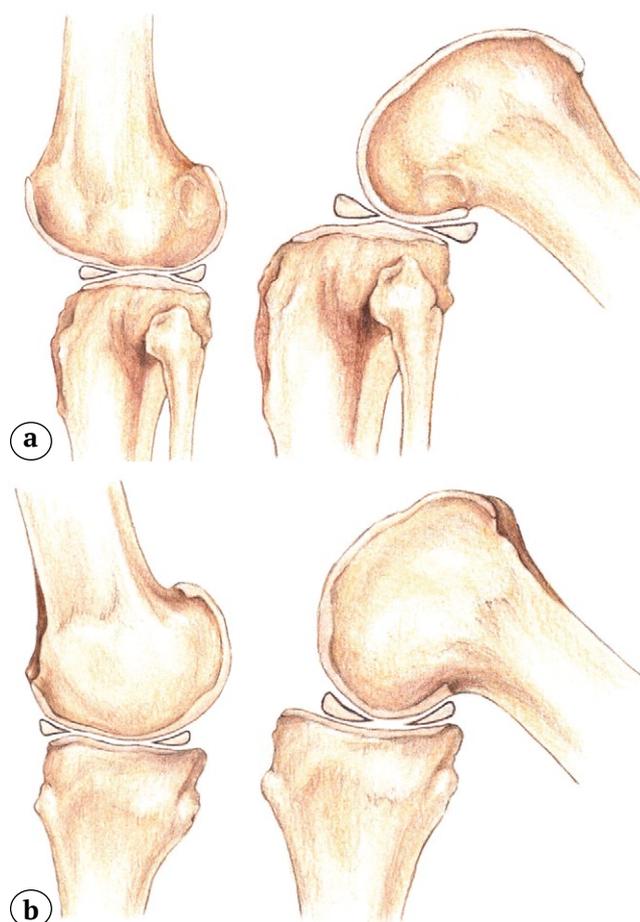


Рис. 1. Различия в мобильности латерального (а) и медиального (б) менисков коленного сустава

Fig. 1. Differences in mobility of the lateral (a) and medial (b) menisci

Движение мыщелков бедренной и большеберцовой костей является сложным биомеханическим процессом, в основе которого лежат качение и скольжение. При сгибании нижней конечности в коленном суставе суставные поверхности бедренной и большеберцовой костей в переднезаднем направлении движутся неравномерно: из положения полного разгибания в первые 10–15° сгибания происходит качение мыщелков бедренной кости по мыщелкам большеберцовой кости, далее в медиальном отделе начинается скольжение, в то время как в латеральном отделе продолжается качение примерно до 20° сгибания. Данное обстоятельство объясняет, почему расстояние, проходимое латеральным мыщелком, больше, чем медиальным (рис. 2).

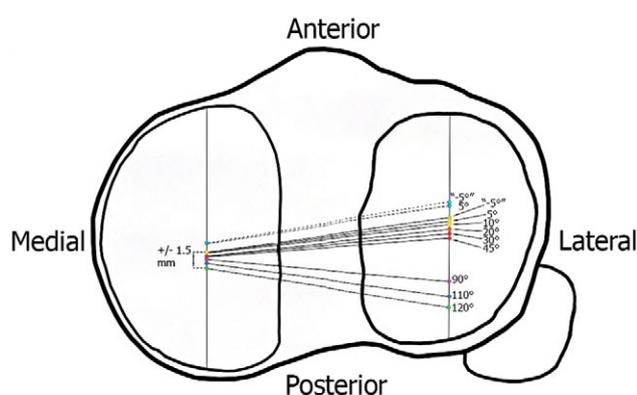


Рис. 2. Разница в длине треков мыщелков бедренной кости относительно плато большеберцовой кости на различных уровнях сгибания/разгибания коленного сустава

Fig. 2. The difference in track lengths of the femoral condyles relative to the tibial plateau at different levels of knee flexion/extension

При дальнейшем сгибании соотношение качения и скольжения значительно меняется, так что при максимальном сгибании происходит только скольжение. Качение при первых 20° сгибания обеспечивает коленному суставу максимальную стабильность, в то время как дальнейшее скольжение делает сустав более мобильным и дает больше возможности для ротации. Данные особенности объясняют наибольшую подвижность латерального отдела.

Еще одна важная особенность латерального отдела КС состоит в том, что мыщелки бедренной кости асимметричны и разновелики: медиальный мыщелок примерно на 1,3–1,5 см длиннее в переднезаднем направлении, чем латеральный. Но, не-

смотря на это, площадь контакта артикулирующих поверхностей мыщелков латерального отдела больше, чем медиального, ввиду описанных ранее анатомических и биомеханических особенностей. Когда бедренная кость движется по большеберцовой при последних 20° разгибания, осуществляется реализация так называемого *screw home mechanism* (*screw locking mechanism*), или «механизма доворачивания винта». Его суть заключается в том, что при последних 15–20° разгибания в коленном суставе происходит «доворачивание» голени, т.е. ее наружная ротация, становящаяся максимальной при полном разгибании голени за счет натяжения передней крестообразной связки и вектора действия четырехглавой мышцы бедра [8]. Наружная ротация голени приводит к натяжению передней крестообразной связки и глубокой порции поверхностной медиальной коллатеральной связки, что образует «замок коленного сустава», обеспечивая ему ротационную устойчивость [9, 10, 11]. Понимание данной особенности функционирования коленного сустава очень важно для латерального одномыщелкового эндопротезирования. Чтобы добиться максимально приближенной к нативной биомеханики движения, хирургу необходимо сохранить этот механизм, ориентируя бедренный компонент одномыщелкового эндопротеза в положение наружной ротации, а большеберцовый компонент — в положение внутренней ротации, чтобы при реализации *screw home mechanism* не происходило импиджмента между компонентами и сохранялась достаточная рабочая площадь для артикуляции компонентов (см. ниже описание хирургической техники).

Показания и противопоказания к латеральному одномыщелковому эндопротезированию

Показания:

- изолированный идиопатический гонартроз с полнслойной потерей хряща в латеральном отделе сустава, подтвержденный с помощью МРТ и рентгенограмм (в т.ч. с нагрузкой) (рис. 3);
- асептический некроз латерального мыщелка бедренной или большеберцовой кости;
- посттравматический латеральный гонартроз вследствие внутрисуставных переломов наружных мыщелков бедренной или большеберцовой костей.

Критерии отбора пациентов:

- интактные медиальный и пателлофemorальный отделы коленного сустава;
- функционально состоятельные крестообразные и коллатеральные связки коленного сустава;
- мануально корригируемая до нейтральной оси вальгусная деформация.



Рис. 3. Признаки локального поражения суставного хряща латерального отдела коленного сустава:

a — магнитно-резонансная томограмма латерального отдела коленного сустава;

b — рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях

Fig. 3. Signs of local cartilage damage in the lateral knee compartment:

a — MRI images;

b — X-rays images in anterior-posterior and lateral projections

Противопоказания

Общие противопоказания для выполнения частичного эндопротезирования являются сходными для любого планового ортопедического вмешательства: наличие активного воспалительного процесса, как локального, так и генерализованного, либо острых или декомпенсированных хронических заболеваний.

Среди частных противопоказаний необходимо выделить следующие:

- распространенный гонартроз с поражением медиального и/или пателлофemorального отделов коленного сустава;



Рис. 4. Телерентгенограмма пациента с латеральным гонартрозом перед выполнением парциальной артропластики

Fig. 4. Full-length X-ray of a patient with lateral knee osteoarthritis prior to partial arthroplasty

- несостоятельность крестообразных или коллатеральных связок коленного сустава;
- фиксированная сгибательная/разгибательная контрактура или вальгусная деформация.

Предоперационное обследование пациентов

Параметры, оцениваемые в ходе клинического обследования пациента:

- степень выраженности хромоты;
- потребность в использовании дополнительной опоры при ходьбе;
- тяжесть деформации нижней конечности на уровне коленного сустава во фронтальной и сагиттальной плоскостях;
- амплитуда пассивных и активных движений;
- степень фронтальной и сагиттальной связочной нестабильности;
- наличие контрактуры коленного сустава, ее тип и выраженность;
- возможность пассивной коррекции фронтальной деформации.

Рентгенологические исследования, выполняемые в предоперационном периоде:

- рентгенография коленного сустава в двух проекциях в положении лежа;
- рентгенография коленного сустава в прямой проекции с нагрузкой (в положении стоя со сгибанием на уровне коленного сустава 20–30°);
- телерентгенография (панорамный снимок) обеих нижних конечностей (рис. 4).

Параметры, оцениваемые в предоперационном периоде:

- стадия деформирующего артроза;
- характер деструктивных изменений костей, формирующих коленный сустав;
- выраженность фронтальной деформации конечности и локализация ее вершины [11].

Особенности одномышелкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава на примере имплантата с фиксированным полиэтиленовым вкладышем

Укладка пациента

Операцию выполняют в положении пациента на спине, оперируемая нижняя конечность фиксируется держателем. Используют пневмотурникет с давлением в манжете 250–300 мм рт. ст. в зависимости от объема мягких тканей бедра либо с использованием формулы: систолическое давление пациента + 150 мм рт. ст.

Анестезиологическое пособие

Выполняется спинномозговая анестезия с внутривенной седацией, если соматическое состояние пациента не требует иного вида обезболивания.

Тромбопрофилактика

- низкомолекулярный гепарин (дозировку подбирают с учетом возраста, веса и коморбидности пациента) за 12 ч до операции;
- компрессионный эластический трикотаж I степени компрессии;
- низкомолекулярный гепарин с переводом на пероральные антикоагулянты до 21-го дня послеоперационного периода либо пероральные антикоагулянты с первого дня после операции в зависимости от уровня рисков пациента.

После проведенного клинического и рентгенологического обследований должны быть уточнены показания и противопоказания, а также возмож-

ность выполнения операции одномышелкового эндопротезирования у данного пациента. В то же время необходимо предусмотреть возможность интраоперационного перехода на систему для тотальной артропластики.

Пациентам выполняют переднелатеральный мини-инвазивный доступ к коленному суставу (рис. 5).

Кожный разрез длиной 7–10 см осуществляют по краю надколенника от его верхнего края до латеральной поверхности бугристости большеберцовой кости. В этих же пределах производят латеральную артротомию, обходя надколенник снаружи и формируя при этом несвободный жировой лоскут из тела Гоффа. При этом ножка жирового лоскута остается фиксированной к переднелатеральной части капсулы сустава, что позволяет не нарушать кровоснабжение лоскута за счет сохранения латеральной нижней артерии (рис. 6).

Во время выполнения хирургического доступа при необходимости может быть выполнена парциальная резекция латеральной фасетки надколенника. Данный хирургический прием улучшает визуализацию латерального отдела коленного сустава и устраняет латеральный остеофит, формирующий гиперпрессию надколенника и мышечка бедренной кости.

В ходе оперативного доступа субпериостально отслаивают часть волокон большеберцовой мышцы и передний край прикрепления подвздошно-большеберцового тракта к большеберцовой кости в объеме, достаточном для адекватного позиционирования большеберцового резекторного блока (рис. 7).



Рис. 5. Предоперационная разметка анатомических ориентиров и схема доступа к коленному суставу

Fig. 5. Preoperative marking of anatomical landmarks and access scheme to the knee joint



Рис. 6. Вид коленного сустава после выполнения латеральной артротомии. Пинцетом отведен жировой лоскут, который будет использован для укрытия дефекта в капсуле сустава, формирующегося после коррекции вальгусной деформации

Fig. 6. View of the knee joint after a lateral arthrotomy. The fatty flap is retracted with forceps and will be used to cover the capsule defect that occurs after correction of valgus deformity



Рис. 7. Позиционирование большеберцового резекторного блока

Fig. 7. Positioning of the tibial resection block

Резецируют краевые остеофиты с латерального мыщелка большеберцовой кости, при этом оставляя краевые костно-хрящевые разрастания на латеральном мыщелке бедренной кости, которые в последующем послужат опорой для бедренного компонента эндопротеза ввиду необходимости его латерализации. Осуществляют ревизию полости коленного сустава, убеждаясь в изолированности гонартроза, оценивают глубину и характер износа суставных поверхностей латеральных мыщелков бедренной и большеберцовой костей, сохранность медиального отдела, в том числе мениска; состоятельность передней крестообразной связки; состояние пателлофemorального сочленения; наличие остеофитов на надколеннике; сохранность хрящевого покрова на его суставной поверхности. Убедившись в том, что пациент соответствует критериям имплантации одномыщелкового эндопротеза, приступают к выполнению опилов большеберцовой кости. Опилы латерального отдела плато осуществляют, располагая резекторный блок таким

образом, чтобы сагиттальный опил создавал внутреннюю ротацию формируемого ложа для большеберцового компонента относительно оси голени (рис. 8).

Внутренняя ротация большеберцового компонента позволяет определить его адекватный размер, который при эндопротезировании латерального отдела коленного сустава, как правило, выбирают из первых двух размеров в линейке. При выполнении сагиттального опилов большеберцовой кости по краю связки надколенника и позиционировании большеберцового компонента с внутренней ротацией даже начальные размеры тибиальных компонентов будут велики. Для обеспечения корректности данного опилов его необходимо выполнять через связку надколенника, предварительно расщепив ее волокна продольно. Лезвие реципрокной пилы располагается таким образом, чтобы плоскость резекции проходила через латеральный бугорок межмыщелкового возвышения (рис. 9).

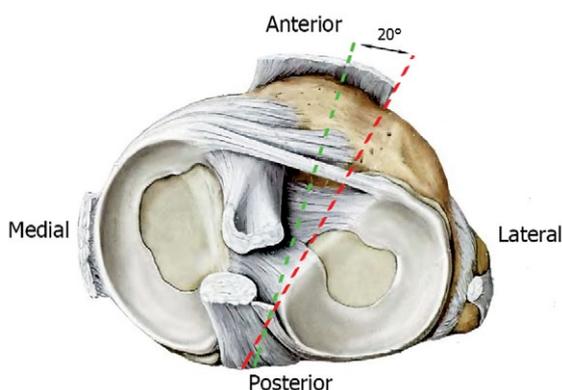


Рис. 8. Схема, демонстрирующая направление корректного выполнения сагиттального опилов большеберцовой кости через связку надколенника

Fig. 8. The correct direction for performing the sagittal cut of the tibial plateau through the patellar ligament



Рис. 9. Выполнение сагиттального опилов большеберцовой кости через связку надколенника

Fig. 9. Performing the sagittal cut of the tibial plateau through the patellar ligament

В горизонтальной плоскости позиционируют резекторный тибиаальный блок таким образом, чтобы глубина резекции была минимальной, не выходя за пределы «костной эрозии» мыщелка, не превышала 1 мм в центральной части мыщелка большеберцовой кости, чтобы был сохранен нативный наклон суставной поверхности кзади, составляющий для латерального мыщелка большеберцовой кости условные 0° (рис. 10).



Рис. 10. Выполнение опилов большеберцового плато в горизонтальной плоскости

Fig. 10. The horizontal cut of the tibial plateau

После выполнения опилов большеберцового плато в двух плоскостях необходимо извлечь костный фрагмент, желательно не фрагментируя его, чтобы оценить размеры компонента и локализацию износа (рис. 11, 12).

J. Weidow с соавторами, подчеркивая различия анатомических и биомеханических особенностей медиального и латерального отделов коленного сустава, установили, что при изолированном медиальном артрозе изнашивание хряща на большеберцовой кости локализовано преимущественно в передних отделах, в то время как при латераль-

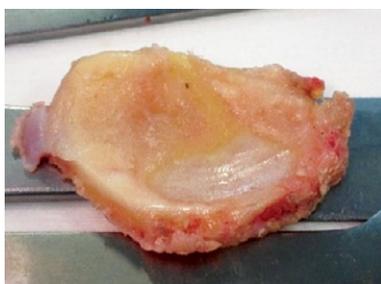


Рис. 11. Морфологическая картина опилов латерального мыщелка большеберцовой кости при латеральном идиопатическом гонартрозе

Fig. 11. Morphological image of the lateral tibial plateau cut in lateral idiopathic

ном гонартрозе износ больше в центральной и задней частях наружного мыщелка [13].

После выполнения резекции большеберцовой кости определяют предварительный размер сформированных разгибательного и сгибательного промежутков: убеждаются в том, что минимальный по толщине спейсер-блок не приводит к гиперкоррекции вальгусной деформации. Но при этом спейсер-блок туго вводится в положении полного разгибания конечности в коленном суставе, а в положении сгибания в коленном суставе 20° при осуществлении варизирующего усилия открывается щель в 2–3 мм. В положении легкого сгибания нивелируется натяжение задней капсулы коленного сустава между спейсер-блоком и бедренной костью. При соблюдении данного условия оценивают ориентировочную толщину примерочного вкладыша. Задав выбранным вкладышем, фиксированным в резекторном блоке для дистального опилов бедренной кости необходимое натяжение разгибательного промежутка, производят фиксацию блока. Через прорезь резекторного блока производят дистальную резекцию латерального мыщелка бедренной кости (рис. 13).

Удаляют остатки латерального мениска и выполняют окончательную оценку величины разгибательного промежутка и предварительную оценку величины сгибательного промежутка в положении 90° сгибания в коленном суставе (рис. 14).

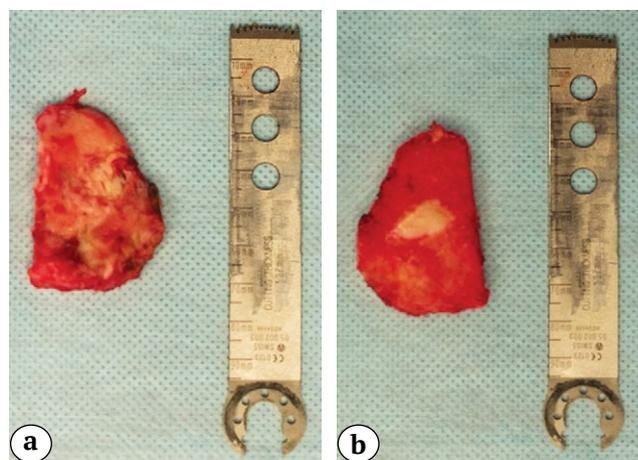


Рис. 12. Морфологическая картина опилов латерального мыщелка большеберцовой кости при латеральном посттравматическом гонартрозе:

a — вид сверху; b — вид снизу. Консолидированный с деформацией перелом латерального мыщелка большеберцовой кости

Fig. 12. Morphological image of the lateral tibial plateau cut in lateral post-traumatic knee osteoarthritis:

a — view from above;

b — view from below.

Consolidated lateral tibial plateau fracture with deformity

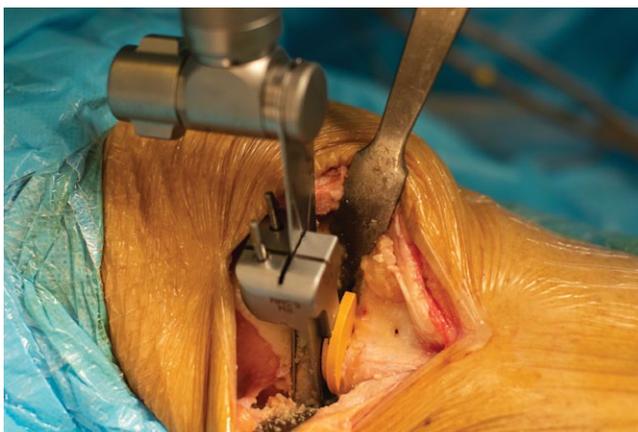


Рис. 13. Установка дистального резекторного блока и осуществление резекции бедренной кости

Fig. 13. Installation of the distal resection block and resection of the femur



Рис. 14. Оценка разгибательного промежутка спейсер-блоком

Fig. 14. Assessment of the extension gap using a spacer block

При обеспечении адекватного мягкотканного баланса приступают к завершающим опилам латерального мышцелка бедренной кости: позиционируют резекторный блок по периферии сохраненного краевого остеофита, смещая его максимально латерально, повторяя положение латерального мышцелка, анатомически отклоненного на 10–20° относительно медиального. В заданном положении наружной ротации выполняют косой и задний опилы бедренной кости (рис. 15).

Положение наружной ротации бедренного и внутренней ротации большеберцового компонентов эндопротеза обусловлено сложной биомеханикой латерального отдела коленного сустава и позволяет реализовать механизм полицентрической ротации латерального мышцелка бедренной кости относительно латерального мышцелка большеберцовой кости. Такое позиционирование компонентов позволяет обеспечить максимально возмож-

ную площадь для их опоры на кости и препятствует импинджменту компонентов друг о друга.

После выполнения финальных опилов бедренной и большеберцовой костей и формирования отверстий под ножки компонентов эндопротеза осуществляют пробную сборку эндопротеза и оценивают кинематику протезированного сустава (рис. 16).



Рис. 15. Позиционирование бедренного резекторного блока перед выполнением опилов

Fig. 15. Positioning of the femoral resection block prior to performing the cuts



Рис. 16. Вид коленного сустава после имплантации примерочных тибального и бедренного компонентов эндопротеза

Fig. 16. View of the knee joint after implantation of the trial tibial and femoral components

После пробной сборки определяют степень восстановления оси конечности (недопустимой является гиперкоррекция вальгусной деформации), отсутствие импинджмента бедренного компонента о край сагиттального опиала большеберцовой кости и межмыщелкового возвышения, соосность скольжения бедренного компонента по поверхности большеберцового компонента с восстановлением screw-home механизма, восстановление нативного натяжения латеральных связочных структур на протяжении всей амплитуды движений в коленном суставе (корректным считают формирующееся при варусном стресс-тесте коленного сустава пространство между компонентами эндопротеза в 2–3 мм).

При адекватном позиционировании компонентов эндопротеза выполняют окончательную имплантацию (рис. 17).

Операционную рану ушивают послойно без дренирования полости коленного сустава, на следующий день выполняют рентгенологический контроль положения компонентов эндопротеза (рис. 18).



Послеоперационное ведение и реабилитационная программа пациентов после латерального одномыщелкового эндопротезирования не отличается от реабилитации после частичной артропластики медиального отдела. Внешняя иммобилизация (гипсовая повязка, тугор, шарнирный брейс) не применяется, пациенты начинают ходить с дополнительной опорой на костыли с 1-го дня после операции. В это же время начинается разработка движений в прооперированном коленном суставе в пределах, лимитированных болевыми ощущениями.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время одномыщелковое эндопротезирование латерального отдела коленного сустава в структуре современной артропластики выполняется примерно в 10 раз реже, чем эндопротезирование медиального отдела [14]. Это можно объяснить тем, что изолированный латеральный гонартроз является довольно редкой ситуацией, встречающейся примерно у 1% людей с деформирующим артрозом коленного сустава [14]. Несмотря на подобную «эксклюзивность», тема парциальной замены коленного сустава остается предметом повышенного интереса в современной ортопедической литературе. Известно, что ранние исследования, изучавшие данную проблему, показали большое количество неудовлетворительных результатов данной операции. Однако изменившийся подход к отбору пациентов, более совер-

Рис. 17. Вид коленного сустава после имплантации компонентов эндопротеза

Fig. 17. View of the knee joint after implantation of the endoprosthesis components



Рис. 18. Рентгенограммы после выполненного одномыщелкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава в прямой (а) и боковой (б) проекциях; телерентгенограмма (с)

Fig. 18. X-ray images after performing lateral unicompartmental knee arthroplasty in anterior-posterior (a) and lateral (b) projections; full-length X-ray (c)

шенная хирургическая техника, а также конструкция современных имплантатов позволили сделать данное вмешательство более прогнозируемым и успешным [15, 16, 17, 18, 19].

Последние исследования, изучающие частичное эндопротезирование коленного сустава, показали ряд его преимуществ перед тотальным: менее инвазивный доступ, меньшие по объему резекции костей и мягкотканые релизы, малая кровопотеря и сохранение нативной проприорецепции прооперированного сустава [20, 21, 22, 23, 24]. Кроме того, сокращается процент случаев ранней перипротезной инфекции и риск тромбоэмболических осложнений, уменьшается болевой синдром в раннем послеоперационном периоде, а амплитуда движений в коленном суставе увеличивается [22, 24]. Стоит также отметить более короткий срок пребывания больных в стационаре и значительно более раннюю активизацию пациентов, перенесших одномышечковое эндопротезирование по сравнению с тотальной артропластикой [25, 26].

Несмотря на вышеуказанные преимущества малоинвазивной хирургии, в случаях, когда показано выполнение лишь одномышечкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава при сохранном медиальном отделе, большинство оперирующих травматологов-ортопедов предпочитают выполнение тотального эндопротезирования коленного сустава. Так, S. Campi с соавторами отмечают, что только 10% хирургов, занимающихся эндопротезированием коленного сустава, владеют техникой парциальной артропластики [27].

Изучая историю одномышечкового эндопротезирования коленного сустава, S. Johal с соавторами отмечают, что одномышечковое эндопротезирование латерального отдела коленного сустава выполняется примерно в 10 раз реже, чем медиальное, объясняя это недостаточностью имеющихся литературных данных о данном типе артропластики, что также является весомым аргументом для практикующего ортопеда, который стоит перед вопросом: какой тип вмешательства будет оптимальным для данного пациента? Анализируя исторические успехи и неудачи данной операции, авторы подчеркивают, что для одномышечкового эндопротезирования тщательный отбор пациентов и опыт хирурга имеют важнейшее значение [14]. Хотя в рамках дискуссии можно заметить, что данные факторы являются абсолютно базовыми и облигатными для любого ортопедического вмешательства.

T. Bonanzinga с соавторами, проанализировав 47 научных работ на тему парциальной артропластики латерального отдела коленного сустава, пришли к выводу, что выживаемость имплантатов при пятилетнем наблюдении и удовлетворенность пациентов результатами операции сравнимы

с таковыми при частичном эндопротезировании медиального отдела и тотальном эндопротезировании коленного сустава. Тем не менее авторы отмечают недостаточное количество и качество исследований, посвященных данному типу парциальной артропластики [28].

E. Deroche с соавторами, оценив в своем метаанализе 268 случаев одномышечкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава, пришли к выводу, что данный тип вмешательства показал отличные результаты выживаемости имплантатов и удовлетворенности пациентов при сроках наблюдения от 5 до 23 лет. Стоит отметить, что основной причиной ревизионных вмешательств авторы считают прогрессирование артроза в других отделах коленного сустава, подчеркивая важность соблюдения строгих показаний к данной операции и требований к прецизионной хирургической технике [29].

Обзор S.D. Buzin с соавторами также показывает, что одномышечковое эндопротезирование латерального отдела коленного сустава демонстрирует превосходные долгосрочные клинические результаты и выживаемость имплантатов при выполнении данного типа эндопротезирования у тщательно отобранных пациентов. Причем, эти выводы применимы ко всем типам имплантатов: с мобильным и фиксированным вкладышем, а также к протезам с металлическим тибальным компонентом (metal-backed tibial component) или полностью полиэтиленовых (all-poly tibial component). Такие причины ревизий, как перелом бедренного компонента, перелом большеберцового компонента и остаточная вальгусная деформация коленного сустава, отмечались в более ранних работах и для более «старых» типов имплантов [30]. Основными причинами ревизионного вмешательства после парциального латерального эндопротезирования являются прогрессирование остеоартрита других отделов коленного сустава (медиального и пателлофemorального) и асептическое расшатывание компонентов эндопротеза. И все же, несмотря на редкие случаи необходимости ревизионного вмешательства, частота ревизий при одномышечковом эндопротезировании латерального отдела коленного сустава вполне сравнима с парциальной артропластикой медиального компартмента и тотальным эндопротезированием коленного сустава [30].

Однако не все авторы согласны с мнением, что разные типы дизайна одномышечкового эндопротеза одинаково хороши. Так, например, говоря о системах с мобильным вкладышем, T. Walker с соавторами в своем метаанализе отмечают, что его использование при парциальном латеральном эндопротезировании коленного сустава у большей группы пациентов в 15% случаев привело к ревизионному вмешательству в течение первых

пяти лет после первичного эндопротезирования, при этом основной причиной стал вывих мобильного вкладыша [31].

J.A. Kennedy с соавторами также отметили, что частота вывиха подвижного вкладыша при одномышечковом эндопротезировании латерального компартмента случается примерно в 4% случаев. Авторы советуют интраоперационно оценивать стабильность мобильного вкладыша в искусственном суставе и при невозможности создать достаточное натяжение латеральных связочных структур — использовать тиббиальный компонент с фиксированным вкладышем. Относительно молодой возраст, высокий ИМТ, износ хряща в пателло-фemorальном отделе и высокий уровень физической активности не должны рассматриваться как абсолютные противопоказания для парциального эндопротезирования латерального отдела коленного сустава [32].

Говоря об одномышечковых эндопротезах с фиксированным вкладышем, стоит упомянуть об имплантатах с полностью полиэтиленовым большеберцовым компонентом. Первые модели эндопротезов были представлены all-poly тиббиальными компонентами, и ряд исследователей рассматривали такой вариант дизайна как золотой стандарт парциальной артропластики [33]. E. Deroche с соавторами в своем анализе, рассмотрев 54 случая парциального эндопротезирования латерального отдела коленного сустава, также пришли к выводу, что использование полностью полиэтиленового большеберцового компонента показало отличные результаты. Степень износа полиэтилена, частота ревизий и удовлетворенность пациентов операцией были сопоставимы с эндопротезами с металлической платформой и фиксированным или мобильным вкладышем [34].

Однако последние обзоры, посвященные эндопротезированию латерального отдела коленного сустава, демонстрируют, что частота ревизий при использовании эндопротеза с металлической платформой и фиксированным вкладышем (0,8%) гораздо меньше по сравнению с моделями протезов с полностью полиэтиленовым большеберцовым компонентом (8,6%) и одномышечковыми эндопротезами с мобильным вкладышем (7,1%) [27]. Прогрессирование артроза в смежных отделах коленного сустава, некорректное выравнивание механической оси нижней конечности и асептическое расшатывание явились основными причинами ревизионных вмешательств после одномышечкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава [35]. Полученные данные в очередной раз подтверждают, что точная коррекция механической оси нижней конечности, сохранение баланса сгибательного и разгибательного промежутков во время операции, тщательный отбор

пациентов и использование проверенных временных имплантатов позволят значительно уменьшить риск вышеупомянутых осложнений [27, 35].

Использование компьютерной навигации и робот-ассистированной хирургии на сегодняшний день являются перспективными направлениями. Технологический прогресс в одномышечковом эндопротезировании в настоящее время направлен на оптимизацию точности механического выравнивания оси нижней конечности, баланса промежутков и позиционирования компонентов эндопротеза, контролируемых в традиционной хирургической технике органами чувств хирурга и заметно влияющих на результат — срок выживаемости эндопротеза [36].

Так, ряд авторов, говоря в своих исследованиях об одномышечковом эндопротезировании коленного сустава, отмечают, что как при медиальной, так и при латеральной частичной артропластике коленного сустава, выполненной с помощью роботизированной системы, отмечаются лучшие результаты по сравнению со стандартной техникой операции (преимущественно касающиеся позиционирования компонентов эндопротеза). Роботизированное одномышечковое эндопротезирование позволяет добиться выравнивания механической оси нижней конечности, максимально приближенной к нативной, более точного ориентирования компонентов эндопротеза, что, в свою очередь, снижает частоту ревизионных вмешательств после первичной артропластики [37, 38, 39, 40].

F. Zambianchi с соавторами, исследуя робот-ассистированную хирургию латерального отдела коленного сустава, показали 100% трехлетнюю выживаемость у 67 пациентов после проведенной роботом операции [41]. R. Canetti с соавторами в своем ретроспективном исследовании продемонстрировали, что робот-ассистированное одномышечковое эндопротезирование латерального отдела коленного сустава обеспечивает более быстрое возвращение к спорту в сравнении со стандартной хирургической техникой (4,2 мес. и 10,5 мес. соответственно) [42].

Компьютерная навигация, по мнению D. Chona с соавторами, так же, как и роботическая система, позволяют добиться более точного позиционирования компонентов одномышечкового эндопротеза, что особенно актуально для хирургов, только начинающих осваивать парциальную артропластику [43]. По результатам последних исследований, протезирование латерального отдела коленного сустава с использованием вспомогательных компьютерных технологий показывает сопоставимые результаты со стандартной хирургической техникой. Так, C.N. Carender с соавторами в своем метаанализе установили, что одномышечковое

эндопротезирование латерального отдела коленного сустава с использованием компьютерной навигации в среднем длится на 8 мин. дольше, чем без нее. Однако не было обнаружено достоверных различий в частоте краткосрочных послеоперационных осложнений, частоте ревизионных вмешательств и среднем времени пребывания пациентов в стационаре между парциальной артропластикой с компьютерной навигацией и прецизионной хирургической техникой [44].

Важно понимать, что, несмотря на вышеуказанные преимущества, робот-ассистированные технологии, используемые для одномышечкового эндопротезирования латерального отдела коленного сустава, остаются достаточно дорогостоящими, имеют большое количество технических и организационных ограничений, используются в крупных

хирургических клиниках и не являются общедоступной опцией [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потенциальными преимуществами эндопротезирования латерального отдела являются возможность сохранить естественную кинематику коленного сустава и добиться высокой степени удовлетворенности пациентов результатами перенесенной операции. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение этого сложного, но эффективного хирургического вмешательства, для того чтобы сформировать адекватные критерии отбора пациентов и оценить, какие из технических опций являются ключевыми для получения оптимального клинического результата.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Благодарность

Авторы выражают благодарность художнику И.В. Онюшкиной за создание иллюстраций.

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

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

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

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Не требуется.

DISCLAIMERS

Acknowledgment

The authors would like to express their deep gratitude to I.V. Onyushkina for making some drawings.

Author contribution

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

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

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

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

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Not required.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Aldinger P.R., Clarius M., Murray D.W., Goodfellow J.W., Breusch S.J. Medial unicompartmental knee replacement using the "Oxford Uni" meniscal bearing knee. *Orthopade*. 2004;33(11):1277-1283. (In German). doi: 10.1007/s00132-004-0712-6.
- Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Карпукхин А.С., Коган П.Г., Ласунский С.А. Одномышечковое латеральное эндопротезирование в структуре современной артропластики коленного сустава: «горе от ума» или оптимальное решение? *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):34-48. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-34-48.
- Chugaev D.V., Kornilov N.N., Karpukhin A.S., Kogan P.G., Lasunsky S.A. Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty in Structure of Modern Knee Replacement: Is It "Woe From Wit" or a Viable Go-To Method? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(3):34-48. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-34-48.
- Sah A.P., Scott R.D. Lateral unicompartmental knee arthroplasty through a medial approach. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90 Suppl 2 Pt 2: 195-205. doi: 10.2106/JBJS.H.00257.
- Walker T., Aldinger P.R., Streit M.R., Gotterbarm T. Lateral unicompartmental knee arthroplasty - a challenge. *Oper Orthop Traumatol*. 2017;29(1):17-30. (In German). doi: 10.1007/s00064-016-0476-2.
- Karrholm J., Brandsson S., Freeman M.A. Tibiofemoral movement 4: changes of axial tibial rotation caused by forced rotation at the weight-bearing knee studied by RSA. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(8):1201-1203. doi: 10.1302/0301-620x.82b8.10715.
- Brantigan O.C., Voshell A.F. Ligaments of the knee joint; the relationship of the ligament of Humphry to the ligament of Wrisberg. *J Bone Joint Surg Am*. 1946;28:66.
- Javois C., Tardieu C., Lebel B., Seil R., Hulet C. Société française d'arthroscopie. Comparative anatomy of the knee joint: effects on the lateral meniscus. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(8 Suppl 1):S49-59. doi: 10.1016/j.otsr.2009.09.008.

8. 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. Rokhoev S.A., Solomin L.N. Usage of External Fixation in the Treatment of Adult Patients with Knee Joint Stiffness. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(1):185-197. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-185-197.
9. D'Agostino P., Dourthe B., Kerkhof F., Stockmans F., Vereecke E.E. In vivo kinematics of the thumb during flexion and adduction motion: Evidence for a screw-home mechanism. *J Orthop Res*. 2017;35(7):1556-1564. doi: 10.1002/jor.23421.
10. Jeon J.W., Hong J. Comparison of screw-home mechanism in the unloaded living knee subjected to active and passive movements. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2021;34(4):589-595. doi: 10.3233/BMR-200110.
11. Kim H.Y., Kim K.J., Yang D.S., Jeung S.W., Choi H.G., Choy W.S. Screw-Home Movement of the Tibiofemoral Joint during Normal Gait: Three-Dimensional Analysis. *Clin Orthop Surg*. 2015;7(3):303-309. doi: 10.4055/cios.2015.7.3.303.
12. Lamm B.M., Paley D. Deformity correction planning for hindfoot, ankle, and lower limb. *Clin Podiatr Med Surg*. 2004;21(3):305-326, v. doi: 10.1016/j.cpm.2004.04.004.
13. Weidow J., Pak J., Karrholm J. Different patterns of cartilage wear in medial and lateral gonarthrosis. *Acta Orthop Scand*. 2002;73(3):326-329. doi: 10.1080/000164702320155347.
14. Johal S., Nakano N., Baxter M., Hujazi I., Pandit H., Khanduja V. Unicompartamental Knee Arthroplasty: The Past, Current Controversies, and Future Perspectives. *J Knee Surg*. 2018;31(10):992-998. doi: 10.1055/s-0038-1625961.
15. Insall J., Walker P. Unicondylar knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;(120):83-85.
16. Laskin R.S. Unicompartamental tibiofemoral resurfacing arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60(2):182-185.
17. Insall J., Aglietti P. A five to seven-year follow-up of unicondylar arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(8):1329-1337.
18. Scott R.D., Santore R.F. Unicondylar unicompartamental replacement for osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63(4):536-544.
19. Deshmukh R.V., Scott R.D. Unicompartamental knee arthroplasty: long-term results. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;(392):272-278.
20. Marmor L. Unicompartamental knee arthroplasty. Ten- to 13-year follow-up study. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;(226):14-20.
21. Rougraff B.T., Heck D.A., Gibson A.E. A comparison of tricompartmental and unicompartamental arthroplasty for the treatment of gonarthrosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(273):157-164.
22. Newman J.H., Ackroyd C.E., Shah N.A. Unicompartamental or total knee replacement? Five-year results of a prospective, randomised trial of 102 osteoarthritic knees with unicompartamental arthritis. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(5):862-865. doi: 10.1302/0301-620x.80b5.8835.
23. Isaac S.M., Barker K.L., Danial I.N., Beard D.J., Dodd C.A., Murray D.W. Does arthroplasty type influence knee joint proprioception? A longitudinal prospective study comparing total and unicompartamental arthroplasty. *Knee*. 2007;14(3):212-217. doi: 10.1016/j.knee.2007.01.001.
24. Sun P.F., Jia Y.H. Mobile bearing UKA compared to fixed bearing TKA: a randomized prospective study. *Knee*. 2012;19(2):103-106. doi: 10.1016/j.knee.2011.01.006.
25. Ackroyd C.E., Whitehouse S.L., Newman J.H., Joslin C.C. A comparative study of the medial St George sled and kinematic total knee arthroplasties. Ten-year survivorship. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(5):667-672. doi: 10.1302/0301-620x.84b5.12404.
26. Koskinen E., Eskelinen A., Paavolainen P., Pulkkinen P., Remes V. Comparison of survival and cost-effectiveness between unicondylar arthroplasty and total knee arthroplasty in patients with primary osteoarthritis: a follow-up study of 50,493 knee replacements from the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. 2008;79(4):499-507. doi: 10.1080/17453670710015490.
27. Campi S., Tibrewal S., Cuthbert R., Tibrewal S.B. Unicompartamental knee replacement - Current perspectives. *J Clin Orthop Trauma*. 2018;9(1):17-23. doi: 10.1016/j.jcot.2017.11.013.
28. Bonanzinga T., Tanzi P., Altomare D., Dorotei A., Iacono F., Marcacci M. High survivorship rate and good clinical outcomes at mid-term follow-up for lateral UKA: a systematic literature review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021;29(10):3262-3271. doi: 10.1007/s00167-020-06129-8.
29. Deroche E., Martres S., Ollivier M., Gadeyne S., Wein F., Gunepin F.X. et al. Excellent outcomes for lateral unicompartamental knee arthroplasty: Multicenter 268-case series at 5 to 23 years' follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106(5):907-913. doi: 10.1016/j.otsr.2020.03.019.
30. Buzin S.D., Geller J.A., Yoon R.S., Macaulay W. Lateral unicompartamental knee arthroplasty: A review. *World J Orthop*. 2021;12(4):197-206. doi: 10.5312/wjo.v12.i4.197.
31. Walker T., Zahn N., Bruckner T., Streit M.R., Mohr G., Aldinger P.R. et al. Mid-term results of lateral unicondylar mobile bearing knee arthroplasty: a multicentre study of 363 cases. *Bone Joint J*. 2018;100-B(1):42-49. doi: 10.1302/0301-620X.100B1.BJJ-2017-0600.R1.
32. Kennedy J.A., Mohammad H.R., Yang I., Mellon S.J., Dodd C.A.F., Pandit H.G. et al. Oxford domed lateral unicompartamental knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2020;102-B(8):1033-1040. doi: 10.1302/0301-620X.102B8.BJJ-2019-1330.R2.
33. Cartier P., Sanouiller J.L., Grelsamer R.P. Unicompartamental knee arthroplasty surgery. 10-year minimum follow-up period. *J Arthroplasty*. 1996; 11(7):782-788. doi: 10.1016/s0883-5403(96)80177-x.
34. Deroche E., Batailler C., Lording T., Neyret P., Servien E., Lustig S. High Survival Rate and Very Low Wear of Lateral Unicompartamental Arthroplasty at Long Term: A Case Series of 54 Cases at a Mean Follow-Up of 17 Years. *J Arthroplasty*. 2019;34(6):1097-1104. doi: 10.1016/j.arth.2019.01.053.
35. Fratini S., Meena A., Alesi D., Cammisa E., Zaffagnini S., Marcheggiani Muccioli G.M. Does Implant Design Influence Failure Rate of Lateral Unicompartamental Knee Arthroplasty? A Meta-Analysis. *J Arthroplasty*. 2022;37(5):985-992e3. doi: 10.1016/j.arth.2022.01.068.
36. Negrin R., Duboy J., Reyes N.O., Barahona M., Iniguez M., Infante C. et al. Robotic-assisted Unicompartamental knee Arthroplasty optimizes joint line restitution better than conventional surgery. *J Exp Orthop*. 2020;7(1):94. doi: 10.1186/s40634-020-00309-8.

37. Batailler C., White N., Ranaldi F.M., Neyret P., Servien E., Lustig S. Improved implant position and lower revision rate with robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(4):1232-1240. doi: 10.1007/s00167-018-5081-5.
38. Burger J.A., Kleeblad L.J., Laas N, Pearle A.D. Mid-term survivorship and patient-reported outcomes of robotic-arm assisted partial knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2020;102-B(1):108-116. doi: 10.1302/0301-620X.102B1.BJJ-2019-0510.R1.
39. Heckmann N.D., Antonios J.K., Chen X.T., Kang H.P., Chung B.C., Piple A.S. et al. Midterm Survivorship of Robotic-Assisted Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2022;37(5):831-836. doi: 10.1016/j.arth.2022.01.023.
40. Mohan T., Panicker J., Thilak J., Shaji D., Hari H. Short-Term Outcomes of Robotic Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty: An Indian Perspective. *Indian J Orthop.* 2022;56(4):655-663. doi: 10.1007/s43465-021-00555-7.
41. Zambianchi F., Franceschi G., Rivi E., Banchelli F., Marcovigi A., Khabbaze C. et al. Clinical results and short-term survivorship of robotic-arm-assisted medial and lateral unicompartmental knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(5):1551-1559. doi: 10.1007/s00167-019-05566-4.
42. Canetti R., Batailler C., Bankhead C., Neyret P., Servien E., Lustig S. Faster return to sport after robotic-assisted lateral unicompartmental knee arthroplasty: a comparative study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(12):1765-1771. doi: 10.1007/s00402-018-3042-6.
43. Chona D., Bala A., Huddleston J.I. 3rd, Goodman S.B., Maloney W.J., Amanatullah D.F. Effect of Computer Navigation on Complication Rates Following Unicompartmental Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018;33(11):3437-3440.e1. doi: 10.1016/j.arth.2018.06.030.
44. Carender C.N., DeMik D.E., Bedard N.A., Shamrock A.G., An Q., Brown T.S. Utilization and Short-Term Outcomes of Computer Navigation in Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Iowa Orthop J.* 2020;40(1):61-67.

Сведения об авторах

✉ Чугаев Дмитрий Валерьевич — канд. мед. наук
 Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,
 ул. Академика Байкова, д. 8
<http://orcid.org/0000-0001-5127-5088>
 e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Кравцов Евгений Дмитриевич
<http://orcid.org/0000-0002-8409-9532>
 e-mail: Kravtsov.ortho@gmail.com

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук
<http://orcid.org/0000-0001-6905-7900>
 e-mail: drkornilov@hotmail.com

Куляба Тарас Андреевич — д-р мед. наук
<http://orcid.org/0000-0003-3175-4756>
 e-mail: taraskuliaba@mail.ru

Authors' information

✉ Dmitrii V. Chugaev — Cand. Sci. (Med.)
 Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,
 Russia
<http://orcid.org/0000-0001-5127-5088>
 e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Evgeniy D. Kravtsov
<http://orcid.org/0000-0002-8409-9532>
 e-mail: Kravtsov.ortho@gmail.com

Nikolai N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0001-6905-7900>
 e-mail: drkornilov@hotmail.com

Taras A. Kuliaba — Dr. Sci. (Med.)
<http://orcid.org/0000-0003-3175-4756>
 e-mail: taraskuliaba@mail.ru