

ISSN 0869-8678 (Print)  
ISSN 2658-6738 (Online)

**В Е С Т Н И К**  
**ТРАВМАТОЛОГИИ**  
**И ОРТОПЕДИИ**

**ИМЕНИ Н.Н. ПРИОРОВА**  
**2022 том 29 №3**

**N.N. Priorov Journal  
of Traumatology  
and Orthopedics**

**2022 Volume 29 Issue 3**

## УЧРЕДИТЕЛЬ:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77 - 76249 от 19 июля 2019 г.

## ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор Ай-Пи»

Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулочек, д. 3, литера А, помещение 1Н

E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)

WEB: <https://eco-vector.com>

## РЕКЛАМА

Отдел рекламы

Тел.: +7 (495) 308 83 89

E-mail: [adv@eco-vector.com](mailto:adv@eco-vector.com)

## РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией

Трухина Диана Аршалуйсовна

E-mail: [vto@eco-vector.com](mailto:vto@eco-vector.com)

Тел.: +7 (967) 153-70-05

## АДРЕС РЕДАКЦИИ

127349, г. Москва, Шенкурский проезд, 3Б, офис 311

## ПОДПИСКА

Подписка на печатную версию через интернет:

[www.journals.eco-vector.com/](http://www.journals.eco-vector.com/)

[www.pressa-ef.ru](http://www.pressa-ef.ru)

## ИНДЕКСАЦИЯ

• РИНЦ

• Google Scholar

• Ulrich's International Periodicals Directory

• WorldCat

Оригинал-макет изготовлен

ООО «Эко-Вектор».

Корректор: *А.С. Островская*

Верстка: *Ф.А. Игнащенко*

Обложка: *Ф.А. Игнащенко*

Сдано в набор 01.02.2023.

Подписано в печать 15.02.2023.

Формат 60 × 88 1/8. Печать офсетная.

Печ. л. 14,25. Усл. печ. л. 13,25.

Уч.-изд. л. 7,8. Тираж 500 экз. Заказ No XXXXXX

Отпечатано в ООО «Типография Фурсова».

196105, Санкт-Петербург, ул. Благодатная, д. 69.

ISSN 0869-8678 (Print)

ISSN 2658-6738 (Online)

# Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова

Том 29 | Выпуск 3 | 2022

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Миронов Сергей Павлович** — акад. РАН, д-р мед. наук, проф., президент ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

## ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Ветрилэ Марчел Степанович** — канд. мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

## ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

**Цыкунов Михаил Борисович** — д-р мед. наук, проф. кафедры медицинской реабилитации ФДПО ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Баиндурашвили А.Г.** — акад. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Виссарионов С.В.** — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Голубев И.О.** — д-р мед. наук, проф., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

**Губин А.В.** — д-р мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Дубров В.Э.** — д-р мед. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

**Еськин Н.А.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Загородний Н.В.** — чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Иванов П.А.** — д-р мед. наук, проф., ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

**Каграманов С.В.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Крупаткин А.И.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Кулешов А.А.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Михайлова Л.К.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Морозов А.К.** — д-р мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Мурылев В.Ю.** — д-р мед. наук, проф. ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

**Мушкин А.Ю.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Орleckий А.К.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Очкуренок А.А.** — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

**Попков Д.А.** — д-р мед. наук, проф., чл.-корр. Французской Академии медицинских наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия

**Родионова С.С.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Рябых С.О.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия

**Снетков А.И.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Солод Э.И.** — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

**Тихилов Р.М.** — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Черкашин А.** — д-р мед. наук, Техасский детский госпиталь, Даллас, США

**Хосни Г.А.** — Университет Бенха, Бенха, Египет

**Иванов М.** — д-р мед. наук, Образовательные больницы Шеффилда Фонда NHS, Великобритания

**Кириенко А.** — Клинический институт, Роззано, Италия

**Чаудхари М.** — Госпиталь Чодри, Акола, Индия

**Миткович М.Б.** — проф. Нишский Университет, Ниш, Сербия

**Мадан С.С.** — д-р мед. наук, Детский госпиталь, Шеффилд, Великобритания

**Глэд В.** — д-р мед. наук, Университет здравоохранения Сан-Антонио, Сан-Антонио, США

**Кавагути Е.** — Университет Тоямы, Япония

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://journals.eco-vector.com/0869-8678/>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя — издательства «Эко-Вектор».

16+

© ООО «Эко-Вектор Ай-Пи», 2022

ЭКО • ВЕКТОР



## FOUNDER:

National Medical Research Center  
of Traumatology and Orthopedics  
N.N. Priorov

## PUBLISHER

Eco-Vector  
Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky  
pereulok, 191186, Saint Petersburg,  
Russian Federation  
E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)  
WEB: <https://eco-vector.com>

## ADVERTISE

### Adv. department

Phone: +7 (495) 308 83 89  
E-mail: [adv@eco-vector.com](mailto:adv@eco-vector.com)

## EDITORIAL OFFICE

Executive editor  
Diana A. Trukhina  
Email: [vto@eco-vector.com](mailto:vto@eco-vector.com)  
Phone: +7 (967) 153-70-05

## EDITORIAL OFFICE ADDRESS

office 311, 3B, Shenkurskiy proezd, 127349,  
Moscow, Russian Federation

## SUBSCRIPTION

For print version:  
[www.journals.eco-vector.com](http://www.journals.eco-vector.com)

## INDEXATION

- Russian Science Citation Index
- Google Scholar
- Ulrich's International Periodicals  
Directory
- WorldCat

## TYPESET

complete in Eco-Vector  
Proofreader: *A.S. Ostrovskaya*  
Layout editor: *Ph. Ignashchenko*  
Cover: *Ph. Ignashchenko*

ISSN 0869-8678 (Print)  
ISSN 2658-6738 (Online)

# N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics

Volume 29 | Issue 3 | 2022

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL

### EDITOR-IN-CHIEF

**Sergey P. Mironov** — Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Head of N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

### DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

**Marchel S. Vetrile** — MD, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

### EXECUTIVE SECRETARY

**Mikhail B. Tsykunov** — MD, Professor the Department "Medical Rehabilitation" at N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

### EDITORIAL BOARD

**Baindurashvili A.G.** — corresponding member of RAS, MD, Professor, Research children's orthopedic Institute G.I. Turner, Saint-Petersburg, Russia.

**Vissarionov S.V.** — corresponding member of RAS, MD, Professor, G.I. Turner National Medical Research Center of Pediatric Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia.

**Vorotnikov A.A.** — MD, Professor, Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia.

**Golubev I.O.** — MD, Professor, RUDN University, Moscow, Russia.

**Gubin A.V.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Dubrov V.E.** — MD, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

**Zagorodny N.V.** — corresponding member of RAS, Professor, MD, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Kagramanov S.V.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Krupatkin A.I.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Kuleshov A.A.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Mikhailova L.K.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Morozov A.K.** — MD, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Murylev V.Yu.** — MD, Professor, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia.

**Mushkin A.Yu.** — MD, Professor, St. Petersburg National Medical Research Institute for Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia.

**Orletskiy A.K.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Ochkurenko A.A.** — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia.

**Popkov D.A.** — MD, Professor, corresponding member of French Academy of Medicine, G.A. Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia.

**Rodionova S.S.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Ryabykh S.O.** — MD, Professor, G.A. Ilizarov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia.

**Snetkov A.I.** — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

**Solod E.I.** — MD, Professor, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia.

**Tikhilov R.M.** — MD, Professor, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia.

**Cherkashin A.** — MD, Texas Scottish Rite Hospital for Children, Dallas, USA

**Hosny G.A.** — Benha University, Benha, Egypt

**Ivanov M.** — MD, PhD, MSc, FRCS, Sheffield Teaching Hospitals NHS Foundation Trust, Sheffield, United Kingdom

**Kirienko A.** — Clinical Institute, Rozzano, Italy

**Chaudhary M.** — Chaudhary Trust Hospital, Akola, India

**Mitkovic M.B.** — University of Nis, Nis, Serbia

**Madan S.S.** — MBBS; FRCS; MCh; MBA; FlntLM, Sheffield Children's Hospital, Sheffield, United Kingdom

**Glad V.** — PhD, UT Health San Antonio, San Antonio, USA

**Kawaguchi Y.** — Toyama University, Toyama, Japan

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://journals.eco-vector.com/0869-8678/>. Full or partial reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the publisher — the Eco-Vector publishing house.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Л.Л. Буткова, А.К. Орлецкий*

Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата: ретроспективное когортное исследование. . . . . 225

*Д.С. Горбатюк, С.В. Колесов, В.В. Швеи, Н.С. Морозова, Д.А. Пташников, С.Г. Млявух, И.С. Братцев*

Особенности выполнения резекции позвоночного столба по поводу ригидных кифотических и кифосколиотических деформаций груднопоясничного отдела позвоночника различного генеза: мультицентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование. . . . . 237

*В.А. Васюков, А.А. Воротников, Г.А. Айрапетов, С.Ю. Чекрыгин, В.С. Боташева*

Экспериментальное обоснование применения плазмы, обогащённой тромбоцитами, в сочетании с микрофрактурированием в лечении локальных остеохондральных дефектов гиалинового хряща коленного сустава: нерандомизированное контролируемое исследование . . . . . 249

*А.И. Дорохин, А.А. Адрианова, С.А. Дроздов, Н.И. Карпович, В.А. Мальчевский*

Ультразвуковая диагностика повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей средней и старшей возрастной группы: проспективное сравнительное исследование . . . . . 259

*А.Б. Багиров, П.Н. Суварлы, Е.В. Огарёв, А.Г. Ельцин, Д.С. Мининков, А.Н. Тагизаде*

Мультиспиральная компьютерная томография в комплексной оценке деформаций длинных трубчатых костей нижних конечностей: проспективное когортное исследование . . . . . 269

*Т.А. Парамонов, И.В. Маркин, В.Р. Ан, С.В. Кушнарев, П.К. Потапов, К.А. Ведищев,*

*Н.В. Варламова, А.Р. Музафаров, Р.Р. Байкиев, Е.А. Журбин, Д.А. Отавин, И.А. Забирова*

Медицинский симулятор для подготовки врачей-травматологов: экспериментальная работа . . . . . 279

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

*Я.Г. Гудушаури, М.Г. Какабадзе, А.Ф. Лазарев, В.В. Коновалов, Е.И. Калинин, И.Н. Марычев*

Тотальная резекция лонного сочленения у пациентки с послеродовым симфизитом: клинический случай . . . . . 289

## ОБЗОРЫ

*С.С. Родионова, Х.З.А. Аси, А.В. Кривова, М.А. Самарин, И.А. Соломянник*

Низкоэнергетический перелом проксимального отдела бедренной кости у лиц старших возрастных групп как фактор избыточной смертности: обзор литературы . . . . . 297

*К.М. Меджидов, М.В. Паршиков, Л.М. Гинзбург, Ю.С. Соловьёв, И.М. Ужахов*

Эмболизация артерий в купировании суставной и околосуставной боли: как, когда и у кого? Обзор литературы . . . . . 307

*А.Н. Ткаченко, А.К. Дулаев, А.А. Спичко, Д.Ш. Мансуров, В.М. Хайдаров, А.Г. Балглей,*

*И.Л. Уразовская, А.А. Хромов, Э. Ульхак, Я.Б. Цололо*

Причины неудовлетворительных результатов артропластики при остеоартрите коленного сустава в отдалённом послеоперационном периоде: обзор литературы . . . . . 317

## ЮБИЛЕЙ

Поздравляем академика РАН А.Г. Баиндурашвили с 75-летием! . . . . . 329

## НЕКРОЛОГ

Памяти Николая Андреевича Шестерни. . . . . 333

— в открытом доступе на сайте журнала

# CONTENTS

---

## ORIGINAL STUDY ARTICLES

-  *Lyudmila L. Butkova, Anatoly K. Orletsky*  
One-stage revision reconstruction of the anterior cruciate ligament using autograft:  
retrospective cohort study ..... 225
-  *Dmitry S. Gorbatyuk, Sergey V. Kolesov, Vladimir V. Shvets, Nataliya S. Morozova, Dmitry A. Ptashnikov,  
Sergey G. Mlyavykh, Ivan S. Bratsev*  
Aspects of vertebral column resection in patients with rigid kyphotic and kyphoscoliotic deformities  
of different genesis of the thoracolumbar spine: multicenter retrospective observational cohort study. .... 237
-  *Vyacheslav A. Vasyukov, Alexandr A. Vorotnikov, Georgii A. Airapetov, Sergey Yu. Chekrygin, Valentina S. Botasheva*  
Experimental substantiation of the use of platelet-rich plasma in combination with microfracturing  
in the treatment of local osteochondral defects of the hyaline cartilage of the knee joint:  
non-randomized controlled study ..... 249
-  *Alexandr I. Dorokhin, Anastasia A. Adrianova, Sergey A. Drozdov, Nikolai I. Karpovich, Vladimir A. Malchevskii*  
Features of ultrasound diagnostic syndesmotic ankle injuries in middle and older children:  
prospective comparative study. .... 259
- Akshin B. Bagirov, Parviz N. Suvarly, Egor V. Ogaryov, Alexander G. Yeltsin, Dmitry S. Mininkov, Arzu N. Tagizade*  
Multislice computed tomography in the complex assessment of deformities of long tubular bones  
of the lower extremities: prospective cohort study ..... 269
- Timofey A. Paramonov, Ilya V. Markin, Vladimir R. An, Sergei V. Kushnarev, Pyotr K. Potapov, Kirill A. Vedishev,  
Natalia V. Varlamova, Artur R. Muzafarov, Renat R. Baikiev, Evgeniy A. Zhurbin, Denis A. Otavin, Iraida A. Zabirowa*  
Medical simulator for the training of traumatologists: pilot work. .... 279

## CLINICAL CASE

-  *Yago G. Gudushauri, Malkhaz G. Kakabadze, Anatoly F. Lazarev, Vyacheslav V. Konovalov,  
Evgeny I. Kalinin, Ivan N. Marychev*  
Total resection of the symphysis pubis in a patient with postpartum symphysisitis: clinical case ..... 289

## REVIEWS

-  *Svetlana S. Rodionova, Zaid A. Asi Habiballah, Alla V. Krivova, Mikhail A. Samarin, Irina A. Solomyannik*  
Low-energy fracture of the proximal femur in older age groups as a factor of excess mortality:  
literature review ..... 297
- Kamal M. Medjidov, Mikhail V. Parshikov, Leonid M. Ginzburg, Yuri S. Solov'yev, Ibragim M. Uzhakhov*  
Embolization of the arteries in the relief of joint and near joint pain: how, when and in whom? A review. .... 307
- Aleksandr N. Tkachenko, Aleksandr K. Dulaev, Aleksandr A. Spichko, Djalolidin Sh. Mansurov,  
Valerii M. Khaidarov, Alexander G. Balgley, Irina L. Urazovskaya, Alexandr A. Khromov, Ehsan Ulhaq, Yaroslav B. Tsololo*  
Causes of unsatisfactory results of arthroplasty of the knee joint osteoarthritis  
in long-term postoperative period: literature review ..... 317

## ANNIVERSARY

-  Congratulations to Academician of the Russian Academy of Sciences Aleksey G. Baidurashvili  
on his 75<sup>th</sup> anniversary! ..... 329

## OBITUARY

-  In memory of Nikolai A. Shesternya ..... 333

 Open Access online

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112123>

# Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата: ретроспективное когортное исследование

Л.Л. Буткова, А.К. Орлецкий

НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Ревизионная реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) является технически более сложной манипуляцией, чем первичная. Рецидив передней нестабильности чаще всего связан с технической ошибкой во время выполнения первичной операции. Первоочередной задачей ревизионной реконструкции служит обнаружение причины рецидива передней нестабильности и тщательное предоперационное планирование. Крайне важно использовать принципы анатомического расположения ПКС для восстановления стабильности. В статье рассматриваются варианты ревизионной анатомической реконструкции ПКС, включая хирургическую технику, предоперационную подготовку, выбор материала для аутотрансплантата.

**Цель.** Оценить результаты одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС и показать, что этот вид вмешательства можно выполнить в 1, а не в 2 этапа, что приведёт к сокращению сроков восстановления пациента и его возвращения к своим привычным физическим нагрузкам.

**Материалы и методы.** Для наблюдения отдалённых результатов лечения мы выбрали 50 из 92 пациентов с ревизионной одноэтапной реконструкцией ПКС, которые прошли обследование через 9 и 12 мес после операции. Все пациенты были молодого работоспособного возраста от 18 до 42 лет (средний возраст 29,2 года). В группу вошли пациенты только мужского пола. С целью получения материала для трансплантата всем пациентам выполняли взятие сухожилий тонкой и полусухожильной мышцы с больной или контрлатеральной конечности. Для оценки результатов лечения были использованы шкала IKDC, Лисхольма, артрометрическое тестирование на KT-1000 и функциональные тесты.

**Результаты.** Применение разработанных хирургических подходов позволило получить хорошие результаты лечения пациентов с рецидивами передней нестабильности по шкале Lysholm (82 балла). В наблюдаемой группе остаточную латеральную нестабильность II степени наблюдали у 2 (4%) пациентов, в контрольной группе — у 7 (14%) больных. По шкале субъективной оценки результатов лечения исходами лечения остались удовлетворены 19 (38%) человек.

**Заключение.** Практическое применение предложенных вариантов расположения каналов и способы фиксации аутотрансплантата во внутрикостных каналах позволяют выполнить ревизионную артроскопическую реконструкцию ПКС в 1 этап, без применения дополнительной костной пластики каналов, что, в свою очередь, сокращает сроки лечения и восстановления пациентов, о чём свидетельствуют полученные нами результаты.

**Ключевые слова:** ревизионная реконструкция передней крестообразной связки; разрыв передней крестообразной связки; рецидив передней нестабильности.

## Как цитировать:

Буткова Л.Л., Орлецкий А.К. Одноэтапная ревизионная реконструкция передней крестообразной связки с использованием аутотрансплантата: ретроспективное когортное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 225–235. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112123>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112123>

# One-stage revision reconstruction of the anterior cruciate ligament using autograft: retrospective cohort study

Lyudmila L. Butkova, Anatoly K. Orletsky

Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Revision reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is a technically more complex procedure than primary reconstruction. Recurrence of anterior instability is most often associated with a technical error during the primary operation. The primary task of revision reconstruction is to identify the cause of recurrence of anterior instability and careful preoperative planning. Thus, the principles of ACL anatomical location to be essential restore stability. This paper discusses options for revision anatomical reconstruction of the ACL, including surgical technique, preoperative preparation, and choice of autograft material.

**AIM:** This study aimed to evaluate the results of a one-stage revision reconstruction of the ACL and show that this method can be performed in one stage, rather than in two stages, which will lead to a reduction in the patient's recovery time and return to usual physical activity.

**MATERIALS AND METHODS:** To monitor the long-term treatment results, 50 of 92 patients with revision through one-stage ACL reconstruction, who were examined 9, and 12 months after surgery, were enrolled. All patients were young, who were working from age 18 to 42 years. The mean age was 29 years. This group included only male patients. As a graft material, all patients underwent sampling of the tendons of the fine and semitendinous muscles from the diseased or the contralateral limb. To assess the treatment results, the IKDC scale, Lysholm scale, arthrometric testing on KT-1000, and functional tests were conducted.

**RESULTS:** The use of developed surgical approaches made it possible to obtain good treatment results in patients with recurrences of anterior instability according to the Lysholm score of 82 points. Grade II residual lateral instability was observed in two (4%) patients in the observed group and in seven (14%) patients in the control group. According to the subjective assessment of treatment outcomes, 19 patients (38%) remained satisfied with them.

**CONCLUSION:** The practical application of the proposed options for the location of the channels and methods for fixing the autograft in the intraosseous channels make it possible to perform revision arthroscopic reconstruction of the ACL in one stage, without additional bone grafting of the channels, which in turn reduces the treatment and recovery time of patients, as evidenced by the results.

**Keywords:** revision reconstruction of the anterior cruciate ligament; anterior cruciate ligament rupture; recurrence of anterior instability.

## To cite this article:

Butkova LL, Orletsky AK. One-stage revision reconstruction of the anterior cruciate ligament using autograft: retrospective cohort study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):225–235. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112123>

## ОБОСНОВАНИЕ

Реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава становится всё более распространённой ортопедической операцией. В России ежегодно выполняют >5000 операций по реконструкции ПКС. Доля успешных хирургических вмешательств в наиболее известных медицинских центрах страны составляет 75–90%. Несмотря на использование при реконструкции ПКС современных технологий и методик, остаётся высоким % неудовлетворительных результатов лечения. По данным литературы, доля неудовлетворительных результатов составляет от 10,5 до 45%.

Хирургическое лечение рецидивирующей нестабильности после первичной реконструкции ПКС является не до конца решённой проблемой. Ревизионная реконструкция ПКС коленного сустава, в отличие от первичной, часто оказывается операцией выбора с очень ограниченными целями. Такое ограничение не случайно. Подобно первичной реконструкции, целью ревизионной операции является выбор подходящего материала для трансплантата и размещение его в изометрической зоне большеберцовой и бедренной кости. В большинстве случаев хирурги прибегают к двухэтапной ревизионной реконструкции ПКС, когда 1-м этапом выполняют пластику ранее сформированных внутрикостных каналов, а после зарощения каналов, в среднем через 1 год, 2-м этапом осуществляют реконструкцию ПКС [1, 2].

Ранний рецидив передней нестабильности коленного сустава в первую очередь связан с неправильной хирургической техникой, функциональной недостаточностью трансплантата, преждевременным возвращением к занятиям спортом и неправильной реабилитацией [3]. Рецидив в позднем послеоперационном периоде, происходящий более чем через год после реконструкции ПКС, обычно ассоциирован с новой травмой или повторяющейся макротравматизацией трансплантата [4, 5]. В литературе имеются сведения о том, что 60% случаев ревизионной реконструкции связаны с «технической ошибкой», причём чаще всего упоминается неправильное топическое расположение бедренного канала [6]. Описано несколько анатомических ориентиров, определяющих прикрепление ПКС на большеберцовой кости, включая переднюю большеберцовую ось, заднюю границу переднего рога латерального мениска и заднюю крестообразную связку (ЗКС). Бедренное прикрепление ПКС находится на заднемедиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости в пределах межмышцелковой вырезки. Основная функция ПКС — ограничение смещения большеберцовой кости кпереди относительно бедренной кости. Однако его второстепенная роль заключается в сопротивлении ротации большеберцовой кости, а также варусным и вальгусным нагрузкам на коленный сустав.

Рецидив нестабильности может возникнуть и без явного разрыва трансплантата, что связано с его неправильным топическим расположением. Вертикальное расположение бедренного канала может привести к развитию стойкой ротационной нестабильности коленного сустава, которая ограничивает способность спортсмена вернуться к прежнему уровню нагрузки [2]. Расположение бедренного канала слишком кпереди, а большеберцового — кзади приводит к потере сгибания, а расположение большеберцового канала кпереди приводит к соударению трансплантата и потере разгибания [7].

**Цель исследования** — оценить результаты одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС и показать, что эту операцию можно выполнить в 1, а не в 2 этапа, что способствует сокращению сроков восстановления пациента и его возвращению к своим привычным физическим нагрузкам.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование.

Оценку результатов осуществляли на 3 визитах (до, через 9 и 12 мес после операции).

### Условия проведения

В отделении спортивной и балетной травмы ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (Москва) за период с января 2020 по апрель 2021 года были прооперированы 92 пациента с рецидивами нестабильности коленного сустава после реконструкции ПКС. В 88 (95,7%) случаях первичные операции выполнены в других лечебных учреждениях страны, в 4 (4,3%) — пациенты прооперированы в нашей клинике.

Нами установлены следующие причины рецидива нестабильности:

- неправильное топическое расположение внутрикостных каналов в бедренной и большеберцовой кости ( $n=67$ , 73%);
- повторная травма коленного сустава ( $n=18$ , 19%);
- ошибки ведения пациента в реабилитационном периоде ( $n=7$ , 8%).

### Критерии соответствия

#### Критерии включения:

- рецидив нестабильности вследствие повреждения или несостоятельности аутотрансплантата ПКС;
- наличие данных лучевой диагностики (магнитно-резонансная томография — МРТ, компьютерная томография — КТ);
- подписанное добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

**Критерии не включения:**

- неявка на любой из контрольных осмотров (9 или 12 мес после операции, либо оба визита);
- отсутствие данных лучевых исследований (МРТ), непрохождение диагностических тестов.

**Описание медицинского вмешательства**

*1-й этап операции* включал артроскопическую ревизию полости сустава с целью подтверждения несостоятельности или разрыва трансплантата и выявления повреждения других структур коленного сустава, оценки состояния суставного хряща. После осмотра полости сустава проводили удаление старого ауто- или аллотрансплантата, оценивали состояние внутрикостных каналов, межмышечковой вырезки, при необходимости выполняли её пластику. Расположение каналов относительного анатомического места прикрепления нативной ПКС можно разделить на 3 категории:

- неанатомическое — каналы полностью находятся за пределами анатомического места прикрепления нативной ПКС;
- анатомические — каналы полностью внутри анатомического места прикрепления;
- полуанатомическое — каналы частично перекрывают анатомическое место прикрепления ПКС [8].

Чаще всего мы сталкивались с неанатомическим расположением каналов, что не создавало трудностей для формирования нового внутрикостного канала.

В 1 (1,1%) случае мы столкнулись с хронической инфекцией коленного сустава (гонит), которая привела к лизису аутоотрансплантата, деструкции хряща, отложению фибрина. Мы удалили остатки аутоотрансплантата, фиксирующие конструкции, выполнили дренирование полости сустава с проведением дренажей через внутрикостные каналы бедра и большеберцовой кости. Далее мы использовали постоянную приточно-отточную систему промывания полости сустава в течение 7 дней. В дальнейшем этому пациенту повторная пластика ПКС не проводилась, поскольку в отдалённом послеоперационном периоде его не беспокоила нестабильность коленного сустава, что, скорее всего, было связано с формированием рубцов в полости коленного сустава.

Во время ревизии полости коленного сустава оценивали состояние менисков и хрящей. Во всех случаях нами были выявлены либо дегенеративные изменения менисков, либо их повреждение, обычно в белой зоне, требующее частичной менискэктомии. Изменения суставного хряща обычно были более выражены, чем предполагалось при предоперационном планировании по рентгенограммам и результатам МРТ-исследования. Изменения в суставном хряще определяли по глубине, размерам и положению посредством Уотербриджской классификации. Хрящ обрабатывали с помощью высокочастотного аблятора и шейвера (дебридмент). Обнаружение дефекта хряща до субхондральной кости не служило

противопоказанием для проведения ревизионной операции. Такие повреждения лечили методом туннелизации или микрофрактурирования.

Межмышечковая ямка обычно была заполнена рубцовой тканью, которая включала также остатки ауто- или аллотрансплантата ПКС. Удаление аутоотрансплантата производилось довольно легко и эффективно, тогда как удаление аллотрансплантата (лавсан) оказалось более трудоёмкой процедурой из-за грубой структуры материала.

Если в бедре имелся винт, который необходимо было удалить, выполняли полную очистку кости и мягких тканей вокруг винта перед его устранением. Винты из большеберцового и бедренного канала не удаляли у 14 (15,2%) пациентов (10 бедренных, 4 большеберцовых), так как они не препятствовали ходу операции. В 5 (5,4%) случаях мы использовали первичный канал большеберцовой кости, поскольку его расположение соответствовало правильному. Удаляли фиксирующие конструкции, и склеротические стенки канала высверливали сверлом, соответствующим диаметру канала, до чистой кости.

*2-й этап оперативного лечения* включал взятие сухожилий для трансплантата и пластику ПКС. В большинстве случаев забор сухожилий производили с контрлатеральной конечности, однако у 10 (10,9%) человек его осуществляли с большой конечности, так как для первичной пластики были использованы аллотрансплантаты или связка надколенника с костными блоками.

*Собственно ревизионная операция* была подобна первичной пластике ПКС, отдельное внимание уделяли достижению правильного анатомического расположения каналов. Поскольку ориентиры были менее чёткими, чем при первичной пластике, ориентиром для расположения большеберцового канала служило место прикрепления ЗКС, и новый канал старались располагать на середине и немного медиальнее межмышечкового возвышения. При расположении первичного внутрикостного канала в большеберцовой кости снаружи мы формировали новый канал большего диаметра и центрировали трансплантат в канале с помощью гильзы BioIntrafix (DePuy Mitek, США) кнутри (рис. 1).

При смещении первичного канала кнутри убирали трансплантат, туда же вводили винт и формировали новый канал диаметром не более 6–7 мм. Винт вводили, чтобы не сломать стенку нового канала (рис. 2).

В случае расположения первичного канала кпереди или кзади (рис. 3) мы выполняли стандартный канал в большеберцовой кости. При формировании канала большего диаметра производили центрацию трансплантата в канале с помощью винтов Milagro (DePuy Mitek США).

В 1 (1,1%) случае при ревизионной реконструкции ПКС мы столкнулись с расположением большеберцового канала возле переднего рога внутреннего мениска (рис. 4, 5).





Рис. 7. Расположение бедренного канала кзади, ○ — правильное расположение канала.

Fig. 7. Posterior position of the femoral canal, ○ — correct channel placement.



Рис. 8. Высокое расположение бедренного канала, ○ — правильное расположение канала.

Fig. 8. High position of the femoral canal, ○ — correct channel placement.



Рис. 9. Новый внутрикостный канал в бедренной кости, выше расположен неправильно сформированный канал.

Fig. 9. New intraosseous canal in the femur, malformed canal above.

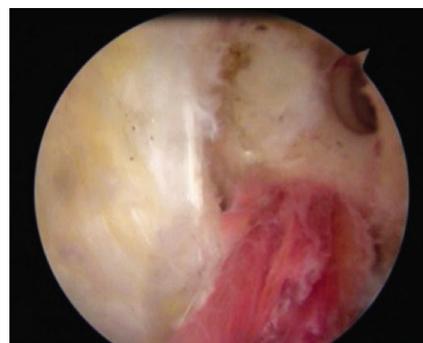


Рис. 10. Окончательный вид после проведения аутотрансплантации.

Fig. 10. Final view after autograft.



Рис. 11. Низкое расположение бедренного канала, ○ — правильное расположение канала.

Fig. 11. Low position of the femoral canal, ○ — correct channel placement.

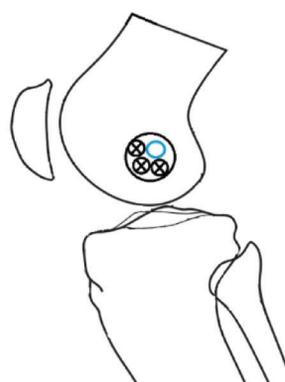


Рис. 12. Диаметр канала >12 мм, центровка трансплантата с использованием 2–3 винтов.

Fig. 12. Canal diameter more than 12 mm, graft centering using 2–3 screws.

## Исходы исследования

*Основной исход исследования* — восстановление функциональности конечности (опросник, клинический тест).

*Дополнительные исходы* — сохранность аутотрансплантата ПКС на МРТ-изображениях.

## Методы регистрации исходов

Предоперационное обследование включало рентгеновские снимки коленного сустава в 2 проекциях: переднезадняя и боковая в положении полного разгибания голени в коленном суставе. Перед операцией в обязательном порядке выполняли КТ коленного

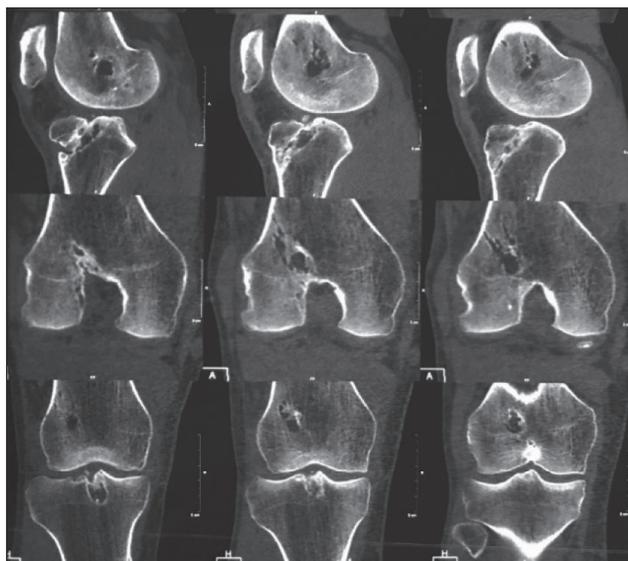


Рис. 13. Предоперационные КТ-снимки.

Fig. 13. Preoperative CT-scans.

сустава. КТ-снимки помогали определить топическое расположение бедренного и большеберцового канала, их увеличение, сужение полости сустава, расположение и вид фиксирующей конструкции (рис. 13).

Медицинские выписки пациента изучали для определения размера внутрикостных каналов и вида фиксирующих конструкций. Коррекцию производили путём сравнения измеренного с помощью КТ и истинного диаметра внутрикостного канала. Во всех случаях посредством КТ было установлено увеличение диаметра внутрикостных каналов и нарушение их топического расположения.

Также проводили МРТ коленного сустава, которая давала дополнительную информацию относительно повреждения аутотрансплантата ПКС, а также других внутрисуставных структур коленного сустава (мениски, ЗКС, боковые связки, внутрисуставный хрящ), особенно в случае повторной травмы. Во всех случаях выполняли тщательное клиническое обследование, включавшее тест Lachman, Pivot Shift Test. Кроме того, проводили дополнительное обследование под анестезией непосредственно перед оперативным вмешательством с целью своевременной диагностики комплексной нестабильности коленного сустава. Для оценки результатов лечения применяли шкалы IKDC 2000 и Lysholm, инструментальные методы с использованием артрметра КТ-1000 (MEDmetric Corp., США).

### Этическая экспертиза

Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации (1973), его проведение одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (протокол № 5/21 от 21.05.2021).

### Статистический анализ

Размер выборки обусловлен проходимостью отделения за указанные годы исследования, предварительный расчёт размера выборки не производили.

Для статистической обработки данных применяли программу SPSS Statistics v. 15.0 (IBM, США). Числовые данные в статье, отражающие результаты исследований, представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее значение,  $m$  — стандартное отклонение; для порядковых переменных приведены частоты значений и доли (%) относительно числа валидных наблюдений и путём сравнения количественных и качественных признаков в исследуемых группах пациентов. Для анализа использовали непараметрические статистические методы. Различия между сравниваемыми средними величинами исследуемых параметров в группах оценивали посредством непараметрического  $U$ -критерия Манна–Уитни. Уровень пороговой статистической значимости ( $p$ ) принимали меньше либо равным 0,05 ( $p < 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

Для наблюдения отдалённых результатов лечения мы выбрали 50 пациентов с ревизионной реконструкцией ПКС, которые прошли обследование через 9 и 12 мес после операции. Все пациенты были молодого работоспособного возраста от 18 до 42 лет (средний возраст 29,2 года). В исследуемую группу вошли пациенты только мужского пола. В качестве материала для трансплантата всем наблюдаемым мы использовали сухожилия тонкой и полусухожильной мышцы с большой или контрлатеральной конечности. Фиксацию трансплантата на бедренной кости осуществляли с помощью системы Ridfix, на большеберцовой кости — с использованием системы BioIntrafix Tibial. В некоторых случаях мы дополнительно использовали винты Milagro для обеспечения надёжной фиксации аутотрансплантата при ревизионной операции.

### Основные результаты исследования

Оценку результатов лечения осуществляли в сроки от 3 до 12 мес после операции у 50 (54%) из 92 пациентов. Результаты оценивали шкале Lysholm: >77 баллов — хороший, 67–77 баллов — удовлетворительный, ≤66 баллов по протоколу IKDS 2000 (определение амплитуды движений, выполнение тестов на наличие нестабильности) — неудовлетворительный результат. У 39 (78%) пациентов констатировали хороший (в среднем 78 баллов), у 10 (20%) — удовлетворительный (69 баллов), у 1 (2%) — неудовлетворительный (65 баллов) результат лечения. Средний балл по IKDS до операции составил 23,42, а при оценке отдалённых результатов лечения — 87,21.

При обследовании до операции среднее смещение голени на артрметре КТ-1000 составляло около 11 мм.

Среднее смещение голени через 12 мес после операции оказалось равным 2,5 мм.

Оценку интенсивности болевого синдрома производили по 10-балльной визуальной аналоговой шкале (ВАШ), и до операции выраженные болевые ощущения (>5) были зафиксированы у 72% пациентов. Средний балл по ВАШ до операции составил 7,5. В отдалённом периоде наблюдения у 2 (4%) пациентов с выраженным деформирующим артрозом сохранился болевой синдром с балльной оценкой >4,0. Среднее значение по ВАШ после операции составило 2,0 балла. После операции у всех пациентов отмечено улучшение субъективного и объективного состояния.

Большая часть исследуемых (85%) оказались удовлетворены результатом лечения. Срок возвращения пациентов к прежнему уровню профессиональной деятельности составил от 6 до 10 мес.

Использование методики одноэтапной ревизионной реконструкции ПКС позволило существенно сократить сроки лечения пациентов. Лишь 1 (2%) пациент не смог вернуться к прежнему уровню профессиональной деятельности из-за прогрессирования остеоартроза коленного сустава. Этому же пациенту через 2 года было проведено эндопротезирование коленного сустава.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

Двухэтапное лечение при ревизионной пластике ПКС технически более сложное, чем одноэтапное восстановление, а результаты такого лечения потенциально хуже, особенно для активных пациентов, которые предъявляют высокие требования к уровню своей физической нагрузки. При тщательной предоперационной подготовке значительно увеличивается вероятность проведения ревизионной пластики ПКС в 1 этап, что даёт возможность значительно сократить сроки лечения пациентов, а также снизить уровень материальных затрат.

### Обсуждение основного результата исследования

Реконструкция ПКС позволяет устранить переднюю нестабильность коленного сустава в результате разрыва ПКС и стала очень популярной за последние 2 десятилетия. Несостоятельность трансплантата может случиться по причине влияния технических, биологических и механических факторов. Ошибки в технике операции, а именно неанатомическое расположение внутрикостных каналов, являются наиболее частой причиной неудачной реконструкции ПКС, что и было подтверждено у 73% прооперированных нами пациентов.

Тщательное предоперационное планирование ревизионной реконструкции ПКС — очень важная составляющая успешного исхода. При планировании ревизионной реконструкции ПКС необходимо досконально изучить историю

болезни пациента, провести полное физикальное и инструментальное обследование, определиться с выбором материала для трансплантата, предварительно выбрать технику операции и разработать план реабилитации. Важно учитывать и профессиональную деятельность пациента. Зачастую надежды пациента не согласуются с реальностью, следовательно, несмотря на достижение стабильности коленного сустава, ревизионная операция не удовлетворяет желания пациента. Нестабильность и/или боль — основные жалобы, которые предъявляют пациенты. Перед вмешательством врачу следует объяснить пациенту, что снижение активности и хороший тонус мышц бедра и голени могут привести к уменьшению степени выраженности или даже избавлению от симптомов нестабильности и без операции. Ревизионную реконструкцию ПКС следует предлагать людям, которые не справляются с явлениями нестабильности, или тем, кто хочет повысить уровень своей физической активности. Необходимо предупредить пациента о риске постепенного прогрессирования остеоартроза вне зависимости от метода лечения и объяснить ему, что наличие боли, скорее всего, является результатом дегенеративных процессов в хряще, и что повторная пластика ПКС не решит проблему. Эта информация должна стать важной частью консультации пациента перед проведением ревизионной реконструкции ПКС. В нашем исследовании один из пациентов не вернулся к прежнему уровню физической активности из-за сохранения болевого синдрома в коленном суставе.

Наиболее частая ошибка техники операции — расположение бедренного или большеберцового канала кпереди. У прооперированных нами повторно пациентов эта проблема оказалась наиболее распространённой причиной неудачной первичной реконструкции ПКС (28% большеберцовые, 72% бедренные). Расположение бедренного канала кзади и проксимальнее более предпочтительно и приводит к минимальному растяжению ауто-трансплантата ПКС. Более переднее и дистальное расположение бедренного канала вдоль свода вырезки вызывает растяжение трансплантата при сгибании и служит причиной развития рецидива. Правильное расположение большеберцового канала также очень важно для получения хорошего результата. Расположение большеберцового канала в переднем межмыщелковом поле вызывает его соударение при разгибании голени в коленном суставе (импиджмент-синдром), что постепенно приводит к ослаблению и несостоятельности трансплантата.

Для ревизионной реконструкции ПКС также очень важен выбор материала для трансплантата и тип фиксации, врач должен владеть наиболее распространёнными методиками операции. Долгое время разворачивались дискуссии о том, что же лучше использовать для ревизионной пластики: ауто- или аллотрансплантат [9]. Хотя использование аллотрансплантата и решает проблему болезненности в месте взятия, но при этом возникают проблемы с приживлением к кости и реакцией организма

на чужеродный материал, выражающейся синовитом коленного сустава. Степень эластического сопротивления и коэффициент упругости у аллотрансплантатов значительно выше, что в последующем приводит к более быстрому прогрессированию деформирующего артроза по сравнению с использованием аутотрансплантатов. Аллотрансплантат должен применяться только в случае невозможности взятия собственного материала или при отказе пациента от него. F.R. Noyes и соавт. опубликовали результаты ревизионной реконструкции ПКС с использованием трупного свежемороженого аллотрансплантата, где доля неудачных операций составила 33% за 42 мес наблюдения. У этих пациентов использовали свежемороженые аллотрансплантаты, стерилизованные  $\gamma$ -излучением в дозе излучения 25 кГр [10, 11]. Хотя авторы считают, что изменение механических свойств трансплантата под воздействием  $\gamma$ -излучения и глубокого замораживания находилось в допустимых пределах, это предположение не было доказано и могло объяснить относительно высокую степень рецидива нестабильности. F.R. Noyes и соавт полагают, что аллотрансплантат не должен использоваться при ревизионной операции. В случае отсутствия доступного для взятия аутоматериала авторы рекомендуют применять аугментацию аллотрансплантата с использованием порции илиотибиального тракта для уменьшения % рецидива нестабильности [11].

J.A. Fox и соавт. недавно опубликовали результаты ревизионной реконструкции ПКС с использованием необлучённого аллотрансплантата сухожилия надколенника [12]. Они оценили итоги лечения у 32 (84%) из 38 пациентов. Средний возраст обследуемых составил 28 лет, а средний период наблюдения — 4,8 года. Послеоперационная КТ-1000-артрометрия показала, что у 10% пациентов смещение голени кпереди составило  $>5$  мм, что свидетельствует о неудачной операции, хотя при этом % рецидива нестабильности был значительно ниже, чем при использовании облучённого аллотрансплантата.

После реконструкции ПКС из-за лизиса увеличивается размер внутрикостных каналов. Хотя исход этого феномена ещё не до конца изучен, расширение внутрикостных каналов может иметь большое значение при ревизионной операции, поскольку это осложняет выбор места расположения нового канала и фиксацию трансплантата. Существует много предположений относительно причин возникновения этого осложнения. Наиболее верная, по нашему мнению, точка зрения предполагает, что причина лизиса имеет многофакторное происхождение. Считается, что механические и биологические причины способствуют увеличению туннелей. В наблюдаемой группе мы обнаружили увеличение каналов (бедренного и большеберцового) у всех пациентов, которым проводили ревизионную реконструкцию ПКС. В 7 (14%) случаях, где каналы были  $\geq 12$  мм (5 бедренных и 2 большеберцовых канала), для выхода из этой ситуации мы, помимо стандартной фиксации трансплантата, использовали ещё

2 или 3 винта Milagro для дополнительной фиксации и заполнения полости увеличенных внутрикостных каналов. У 14 (28%) пациентов мы не удаляли фиксирующие конструкции, чтобы не ослаблять костную структуру при проведении топически правильного расположенного нового канала, и они не препятствовали ходу операции.

В самом начале послеоперационного периода наиболее слабой частью любой реконструкции ПКС (первичной или ревизионной) является фиксация. Во всех случаях мы использовали ту же фиксацию, что и при первичной реконструкции ПКС.

Программа реабилитации у пациентов с ревизионной реконструкцией была точно такой же, как при первичной, так как мы не обнаружили каких-либо значительных различий при объективной и субъективной оценке нестабильности у пациентов с первичной и ревизионной пластикой ПКС.

Полученные нами результаты оказались значительно лучше в сравнении с теми, о которых сообщается в литературе относительно измерения нестабильности и доли рецидива. У 1 (2%) пациента трансплантат не состоялся через 12 мес, и он пожаловался на нестабильность. При артроскопической ревизии у этого больного мы обнаружили полный лизис аутотрансплантата. В итоге доля неудовлетворительных результатов в нашем исследовании составила 2,5%. У другого пациента смещение голени кпереди при измерении на артрометре КТ-1000 оказалось равным 5 мм, что предполагает нестабильность сустава. Однако этот пациент не предъявлял жалоб на нестабильность, поскольку она была компенсирована хорошим тонусом мышц бедра и не требовала проведения повторного хирургического вмешательства.

## Ограничения исследования

Ограничением исследования является его ретроспективный характер. В дальнейшем нами планируется проведение проспективного сравнительного исследования с предварительным расчётом размера выборки, что будет соответствовать принципам доказательной медицины.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ревизионная реконструкция ПКС — это сложная процедура, включающая в себя более тщательное клиническое обследование, рентгенологическую оценку и предоперационное тестирование, в отличие от первичной реконструкции. Трудности с ревизионной реконструкцией включают размещение нового канала, расширенные в результате лизиса каналы, сопутствующие травмы, выбор материала для трансплантата. Успех операции будет обеспечен минимальными хирургическими ошибками и выбором наиболее приемлемой техники реконструкции ПКС. Предложенные варианты расположения каналов и способы фиксации аутотрансплантата во внутрикостных каналах помогают выполнить артроскопическую ревизионную

реконструкцию ПКС в 1 этап, без применения дополнительной костной пластики каналов, что, в свою очередь, сокращает сроки лечения и восстановления пациентов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown C.H. Jr., Carson E.W. Revision anterior cruciate ligament surgery // *Clin Sports Med.* 1999. Vol. 18, N 1. P. 109–171. doi: 10.1016/s0278-5919(05)70133-2
2. Wilde J., Bedi A., Altchek D.W. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction // *Sports Health.* 2014. Vol. 6, N 6. P. 504–518. doi: 10.1177/1941738113500910
3. George M.S., Dunn W.R., Spindler K.P. Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction // *Am J Sports Med.* 2006. Vol. 34, N 12. P. 2026–2037. doi: 10.1177/0363546506295026
4. Harner C.D., Giffin J.R., Dunteman R.C., et al. Evaluation and treatment of recurrent instability after anterior cruciate ligament reconstruction // *Instr Course Lect.* 2001. N 50. P. 463–474.
5. Johnson D.L., Fu F.H. Anterior cruciate ligament reconstruction: why do failures occur? // *Instr Course Lect.* 1995. N 44. P. 391–406.
6. Morgan J.A., Dahm D., Levy B., et al. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction // *J Knee Surg.* 2012. Vol. 25, N 5. P. 361–368. doi: 10.1055/s-0031-1299662
7. Kamath G.V., Redfern J.C., Greis P.E., Burks R.T. Revision anterior cruciate ligament reconstruction // *Am J Sports Med.* 2011. Vol. 39, N 1. P. 199–217. doi: 10.1177/0363546510370929
8. Hofbauer M., Murawski C.D., Muller B., et al. Revision surgery after primary double-bundle ACL reconstruction: AAOS exhibit selection // *J Bone Joint Surg Am.* 2014. Vol. 96, N 4. P. e30. doi: 10.2106/JBJS.M.01038
9. Engelman G.H., Carry P.M., Hitt K.G., et al. Comparison of allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction graft survival in an active adolescent cohort // *Am J Sports Med.* 2014. Vol. 42, N 10. P. 2311–2318. doi: 10.1177/0363546514541935
10. Noyes F.R., Barber-Westin S.D. Anterior Cruciate Ligament Graft Placement Recommendations and Bone-Patellar Tendon-Bone Graft Indications to Restore Knee Stability // *Instr Course Lect.* 2011. N 60. P. 499–521.
11. Noyes F.R., Barber-Westin S.D. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: report of 11-year experience and results in 114 consecutive patients // *Instr Course Lect.* 2001. N 50. P. 451–461.
12. Fox, J. A., Pierce, M., Bojchuk, J., et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with nonirradiated fresh-frozen patellar tendon allograft // *Arthroscopy.* 2004. Vol. 20, N 8. P. 787–794. doi: 10.1016/j.arthro.2004.07.019

## REFERENCES

1. Brown CH Jr, Carson EW. Revision anterior cruciate ligament surgery. *Clin Sports Med.* 1999;18(1):109–171. doi: 10.1016/s0278-5919(05)70133-2
2. Wilde J, Bedi A, Altchek DW. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health.* 2014;6(6):504–518. doi: 10.1177/1941738113500910
3. George MS, Dunn WR, Spindler KP. Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2006;34(12):2026–2037. doi: 10.1177/0363546506295026
4. Harner CD, Giffin JR, Dunteman RC, et al. Evaluation and treatment of recurrent instability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Instr Course Lect.* 2001;50:463–474.
5. Johnson DL, Fu FH. Anterior cruciate ligament reconstruction: why do failures occur? *Instr Course Lect.* 1995;44:391–406.
6. Morgan JA, Dahm D, Levy B, et al. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction. *J Knee Surg.* 2012;25(5):361–368. doi: 10.1055/s-0031-1299662
7. Kamath GV, Redfern JC, Greis PE, Burks RT. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):199–217. doi: 10.1177/0363546510370929
8. Hofbauer M, Murawski CD, Muller B, et al. Revision surgery after primary double-bundle ACL reconstruction: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(4):e30. doi: 10.2106/JBJS.M.01038
9. Engelman GH, Carry PM, Hitt KG, et al. Comparison of allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction graft survival in an active adolescent cohort. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2311–2318. doi: 10.1177/0363546514541935

10. Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior Cruciate Ligament Graft Placement Recommendations and Bone-Patellar Tendon-Bone Graft Indications to Restore Knee Stability. *Instr Course Lect.* 2011;60:499–521.

11. Noyes FR, Barber-Westin SD. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: report of 11-year experience and results in 114 consecutive patients. *Instr Course Lect.* 2001;50:451–461.

12. Fox JA, Pierce M, Bojchuk J, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with nonirradiated fresh-frozen patellar tendon allograft. *Arthroscopy.* 2004;20(8):787–794. doi: 10.1016/j.arthro.2004.07.019

## ОБ АВТОРАХ

\* **Буткова Людмила Леонидовна**, к.м.н.,  
врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
eLibrary SPIN: 9952-2559; e-mail: butkova.98@mail.ru

**Орлецкий Анатолий Корнеевич**, д.м.н.,  
врач травматолог-ортопед; e-mail: lyu1046@mail.ru

## AUTHORS INFO

\* **Lyudmila L. Butkova**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist;  
address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;  
eLibrary SPIN: 9952-2559; e-mail: butkova.98@mail.ru

**Anatoly K. Orletsky**, MD, Dr. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist; e-mail: lyu1046@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112134>

# Особенности выполнения резекции позвоночного столба по поводу ригидных кифотических и кифосколиотических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника различного генеза: мультицентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование

Д.С. Горбатюк<sup>1</sup>, С.В. Колесов<sup>1</sup>, В.В. Швец<sup>1</sup>, Н.С. Морозова<sup>1</sup>, Д.А. Пташников<sup>2</sup>,  
С.Г. Млявых<sup>3</sup>, И.С. Братцев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

<sup>2</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Резекция позвоночного столба (vertebral column resection, VCR) как вид остеотомии позвоночника характеризуется максимальными возможностями трёхмерной коррекции различного генеза: врождённого, посттуберкулёзного, ятрогенного (после иных вмешательств на позвоночнике), дегенеративного, а также при спондилоптозе позвонка, обусловленном болезнью Кюммеля, и при первичных и метастатических опухолевых поражениях позвоночника. К настоящему моменту применение VCR вышло далеко за рамки своего первоначального предназначения.

**Цель.** Сравнить особенности выполнения VCR по поводу ригидных деформаций различной этиологии, а также менеджмента эритроцитарных препаратов крови в периоперационном периоде.

**Материалы и методы.** Мультицентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование проведено на основе данных 53 взрослых ( $\geq 18$  лет) пациентов с кифотическими и кифосколиотическими деформациями грудного и поясничного отдела позвоночника, разделённых на 4 группы сравнения по генезу деформации: аномалии развития позвоночника, травматический генез, дегенеративный либо идиопатический кифосколиоз, новообразования тел позвонков.

**Результаты.** При выполнении VCR по поводу новообразований позвоночника длительность операции оказалась выше, чем при VCR по поводу высокоэнергетических «взрывных» компрессионных переломов тел позвонков и сколиотических деформаций IV степени ( $p < 0,05$ ). Дополнительно эта группа характеризуется в среднем наиболее краниальным значением уровня остеотомии среди групп пациентов, участвовавших в исследовании. VCR по поводу идиопатических сколиотических деформаций отличается большим объёмом интраоперационной кровопотери, чем иные рассмотренные в исследовании нозологии (различия также носят статистически значимый характер). Кроме того, у пациентов-мужчин этой группы уровень гемоглобина на 1-е сут после вмешательства статистически значимо ниже, чем у пациентов, которым VCR выполняли по поводу компрессионных переломов тел позвонков, либо деформации, вызванной аномалией развития позвонка. При VCR по поводу «взрывных» компрессионных переломов тел позвонков протяжённость фиксации меньше, чем при аналогичном вмешательстве по поводу аномалий развития и деформаций постоперационного генеза, а также идиопатического сколиоза IV степени ( $p < 0,05$ ). При выполнении VCR по поводу идиопатического сколиоза IV степени требуется больший ( $p < 0,05$ ) объём реинфузированной аутокрови, чем при вмешательстве по поводу острой травматической патологии («взрывных» компрессионных переломах тел позвонков).

**Заключение.** Универсальность клинических задач, при которых может быть выполнена резекция позвоночного столба по методике VCR, обуславливает и значительную гетерогенность групп пациентов, которым проводится такое лечение. Знание особенностей выполнения вмешательств по поводу ригидных кифотических и кифосколиотических деформаций различного генеза имеет ценность в вертебрологической практике.

**Ключевые слова:** резекция позвоночного столба; интраоперационная потеря крови; гемоглобин; хирургия позвоночника; травма позвоночного столба; новообразования позвоночного столба; компрессионный перелом; кифосколиотическая деформация; кифотическая деформация.

## Как цитировать:

Горбатюк Д.С., Колесов С.В., Швец В.В., Морозова Н.С., Пташников Д.А., Млявых С.Г., Братцев И.С. Особенности выполнения резекции позвоночного столба по поводу ригидных кифотических и кифосколиотических деформаций грудопоясничного отдела позвоночника различного генеза: мультицентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 237–248. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112134>

Рукопись получена: 27.10.2022

Рукопись одобрена: 06.12.2022

Опубликована: 24.01.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112134>

# Aspects of vertebral column resection in patients with rigid kyphotic and kyphoscoliotic deformities of different genesis of the thoracolumbar spine: multicenter retrospective observational cohort study

Dmitry S. Gorbatyuk<sup>1</sup>, Sergey V. Kolesov<sup>1</sup>, Vladimir V. Shvets<sup>1</sup>, Nataliya S. Morozova<sup>1</sup>, Dmitry A. Ptashnikov<sup>2</sup>, Sergey G. Mlyavykh<sup>3</sup>, Ivan S. Bratsev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Vreden National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Vertebral column resection (VCR) as a type of spinal osteotomy is characterized by maximum possibilities of three-dimensional correction of various etiologies: congenital, post-tuberculous, iatrogenic (after other interventions on the spine), degenerative, and vertebral spondyloptosis caused by Kümmel's disease, and primary, and metastatic tumor lesions of the spine. Nowadays, the use of single-level VCR is far beyond its initial purpose.

**OBJECTIVE:** The study aimed to compare features of VCR for rigid deformities of various etiologies and management of erythrocyte blood products in the perioperative period.

**MATERIALS AND METHODS:** A multicenter retrospective observational cohort study analyzed data from 53 adult (aged  $\geq 18$  years) patients with kyphotic and kyphoscoliotic deformities of the thoracic and lumbar spine, distributed into four comparison groups according to the deformity genesis, namely, impaired spinal development, traumatic genesis, degenerative or idiopathic, and neoplasms of the vertebral bodies. The characteristics of VCR in these patients were compared.

**RESULTS:** The surgery duration was longer in VCR for spinal neoplasms ( $p < 0.05$ ) than for high-energy burst compression fractures of vertebral bodies and scoliotic deformities (grade IV). On average, this group also had the most cranial osteotomy level among the study groups. VCR for idiopathic scoliotic deformities is characterized by a larger intraoperative blood loss volume than other nosologies, and the differences were statistically significant. In male patients of this group, the hemoglobin level on day 1 after surgery was statistically significantly lower than in those who underwent VCR for compression fractures of the vertebral bodies or impaired vertebral development. During resection of the vertebral column for burst compression fractures of the vertebral bodies, the fixation length was less ( $p < 0.05$ ), with a similar intervention for developmental anomalies, deformities of postoperative genesis, and grade IV idiopathic scoliosis. VCR for grade IV idiopathic scoliosis requires a larger ( $p < 0.05$ ) volume of the reinfused autologous blood than for intervention for acute traumatic pathologies (burst compression fractures of the vertebral bodies).

**CONCLUSION:** The versatility of clinical tasks for which resection of the spinal column can be performed using the VCR technique also determines the significant heterogeneity of the patients who undergo such treatment. Knowledge of the interventions in various nosologies is very useful in vertebral practice.

**Keywords:** vertebral column resection; intraoperative blood loss; hemoglobin; spine surgery; spine trauma; spine neoplasm; compression fracture; kyphoscoliotic deformity; kyphotic deformity.

## To cite this article:

Gorbatyuk DS, Kolesov SV, Shvets VV, Morozova NS, Ptashnikov DA, Mlyavykh SG, Bratsev IS. Aspects of vertebral column resection in patients with rigid kyphotic and kyphoscoliotic deformities of different genesis of the thoracolumbar spine: multicenter retrospective observational cohort study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):237–248. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112134>

Received: 27.10.2022

Accepted: 06.12.2022

Published: 24.01.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

Резекция позвоночного столба (vertebral column resection, VCR) — вариант трёхколонной остеотомии позвоночника, сопровождающийся тотальным удалением одного или нескольких позвонков на вершине деформации с последующей пространственно-анатомической реконструкцией позвоночного столба, характеризующийся максимальными возможностями трёхмерной коррекции. Со времён предложения метода MacLennan в 1922 году [1] предпринимались попытки для лечения деформаций различного генеза: врождённого, посттуберкулёзного [2–7], ятрогенного (после иных вмешательств на позвоночнике), дегенеративного [8, 9], а также при спондилоптозе позвонка L<sub>v</sub> [10], обусловленном болезнью Кюммеля [11, 12], и при первичных и метастатических опухолевых поражениях позвоночника [13–15]. Таким образом, к настоящему моменту применение VCR вышло далеко за рамки своего первоначального предназначения. Имеющиеся в литературе работы многочисленны, однако посвящены узкой тематике, а именно вопросам использования VCR при определённых нозологиях. Обзоры литературы составляют на основе имеющихся статей, как правило, не следующих единой методологии сбора данных вплоть до различий в единицах измерения. Сопоставление подобных результатов затруднительно как для клиницистов, так и для врачей, занимающихся научной деятельностью.

Наша работа является одной из первых попыток обобщить опыт проведения VCR у взрослых пациентов на основе результатов различных вертебрологических центров Российской Федерации, что позволит сформировать междисциплинарный взгляд на метод, а также в перспективе способствовать уточнению показаний и противопоказаний к его применению. В качестве первого шага в этом направлении мы считаем целесообразным сравнение особенностей оперативных вмешательств по поводу сколиотических, кифотических и кифосколиотических деформаций с углом >40° по Cobb («целевая группа» пациентов для данного метода) для разных нозологических групп, которые могут встретиться в практике вертебролога, а также требуемого количества эритроцитарных препаратов крови в периоперационном периоде таких вмешательств.

**Цель исследования** — сравнить особенности выполнения резекции позвоночного столба по поводу ригидных деформаций различной этиологии, а также менеджмента эритроцитарных препаратов крови в периоперационном периоде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено мультицентровое ретроспективное наблюдательное когортное исследование.

## Критерии соответствия

### Критерии включения:

- наличие ригидной кифотической или кифосколиотической деформации позвоночника грудного или поясничного отдела с углом в кифотической плоскости >50° по Cobb;
- выполнение оперативного вмешательства по методике VCR с транспедикулярной фиксацией из 1 дорсального доступа;
- врождённые аномалии позвоночника, обуславливающие описанную деформацию, либо вертебрологическое вмешательство на задней колонне позвоночника, повлёкшее её формирование (для включения пациента в 1-ю группу);
- высокоэнергетический (травматический) компрессионный перелом тела позвонка вне острого периода травмы давностью не менее 6 мес (для включения пациента во 2-ю группу);
- госпитализация и хирургическое лечение проводились вне периодов химио- и лучевой терапии, по согласованию с ведущим пациента онкологом (для пациентов 4-й группы).

### Критерии исключения:

- выполнение VCR из вентрального доступа либо из 2 доступов;
- проведение VCR более чем на 1 уровне;
- симультантное выполнение вертебротомий меньшего объёма (PSO, SPO и иные);
- использование задней фиксации, отличной от транспедикулярной, включая гибридную.

## Условия проведения

Исследование проведено на основе данных 53 взрослых (≥18 лет) пациентов с кифотическими и кифосколиотическими деформациями грудного и поясничного отдела позвоночника, получавших оперативное лечение по методике VCR в период с 2008 по 2020 год, в условиях следующих медицинских организаций: ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (Москва), ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.П. Вредена» (Санкт-Петербург), ФГБОУ ВО «ПИМУ» (Нижний Новгород).

## Продолжительность исследования

Исследование проведено в течение 2021–2022 гг. с ретроспективным анализом данных пациентов, получивших хирургическое лечение кифотических и кифосколиотических деформаций грудного и поясничного отдела позвоночника по методике VCR в 2008–2020 гг. Период наблюдения был ограничен продолжительностью госпитализации; учитывая ретроспективный характер исследования, в качестве суррогатной («мягкой») конечной точки был принят факт регистрации данных, собираемых в рамках данного исследования.

## Описание медицинского вмешательства

Всем вошедшим в исследование пациентам проводилась одноуровневая резекция позвоночного столба по общепринятой методике, включавшая создание оперативного доступа, установку транспедикулярных винтов и временных стержней, резекцию элементов задней опорной колонны позвонка, резекцию элементов средней и передней опорных колонн позвонка, сопоставление краниального и каудального фрагмента позвоночника, замену стержней на постоянные, окончательную фиксацию и закрытие операционной раны. Операцию производили под комбинированным эндотрахеальным наркозом, под контролем интраоперационного нейромониторинга. Использовали интраоперационную реинфузию аутокрови при помощи аппарата cell-saver.

## Исходы исследования

В качестве исхода исследования, учитывая его ретроспективный характер, принята суррогатная конечная точка, соответствующая определению концентрации гемоглобина на 1-е сут после вмешательства. Сведения о прочих показателях, используемых в данном исследовании, на момент наступления конечной точки уже были доступны.

## Методы регистрации исходов

Проводили измерение и анализ следующих параметров:

- демографические показатели — распределение по полу и возрасту;
- длительность вмешательства;
- интраоперационная потеря крови;
- количество реинфузированной в ходе вмешательства крови;
- уровень проведения остеотомии (в расчётах учитывали следующим образом: 1–12 — позвонки грудного отдела с Th<sub>I</sub> по Th<sub>XII</sub> соответственно, 13–17 — позвонки поясничного отдела с L<sub>I</sub> по L<sub>V</sub> соответственно);
- протяжённость фиксации (измеренная в числе фиксированных позвоночно-двигательных сегментов);
- концентрация гемоглобина (в г/л) отдельно у мужчин и женщин до операции (дооперационный уровень) и на 1-е сут после неё (послеоперационный уровень).

## Анализ в подгруппах

Пациенты были разделены на 4 основные группы согласно характеру основного заболевания или травмы, повлёкшей возникновение и нарастание кифотической/кифосколиотической деформации. Особенности групп, послужившие основанием для разделения, представлены в табл. 1.

Распределение типов новообразований тел позвонков в 4-й группе было следующим:

- опухоль, гистологически не уточнённое поражение тела позвонка (на момент сбора данных биопсийный материал находился в работе) —  $n=3$ ; уровни поражения — Th<sub>III</sub>, Th<sub>XII</sub>, L<sub>I</sub>;
- хондросаркома Th<sub>VI</sub> —  $n=1$ ;
- хондросаркома, код 9250/1 по классификации ICD-O, 2-я степень, grade 2 —  $n=1$ ;
- гигантоклеточная опухоль (остеобластокластома) Th<sub>X</sub> —  $n=1$ ;
- гигантоклеточная опухоль (остеобластокластома) Th<sub>III</sub> (агрессивный вариант), код 9250/1 по классификации ICD-O —  $n=1$ ;
- карцинома молочной железы L<sub>I</sub> (метастаз, люминальный подтип A) —  $n=1$ ;
- светлоклеточная почечно-клеточная карцинома Th<sub>VII</sub> (метастаз) —  $n=1$ .

## Статистический анализ

Статистический анализ проводили на программном обеспечении SPSS Statistics v. 26 (IBM Corp., США). Использовали следующие методы и критерии:

- для общего представления данных — методы описательной статистики (рассчитывали среднее значение параметра, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значение);
- для определения различий в параметрах между каждыми 2 группами —  $U$ -критерий Манна-Уитни; характер различий (высокое или низкое значение параметра в сравниваемой группе пациентов) определяли только при подтверждённой ( $p < 0,05$ ) статистической значимости.

Выбор указанного непараметрического критерия обусловлен различиями в числе пациентов в рассматриваемых группах, а также недостаточным размером выборок (в наиболее многочисленной группе —  $n=21$ ) для применения параметрических тестов.

Таблица 1. Обоснование распределения пациентов по 4 группам в соответствии с основной нозологией

Table 1. Distribution of patients into 4 groups in accordance with the main nosology

Условное название группы в тексте	Число пациентов, $n$	Генез деформации
1-я	8	Врождённый (аномалии развития)
2-я	21	Травматический (высокоэнергетические компрессионные переломы тел позвонков)
3-я	15	Дегенеративный либо идиопатический кифосколиоз взрослых
4-я	9	Онкологический (новообразования тел позвонков, метастазы и компрессионные переломы на их фоне)

В качестве порогового уровня асимптотической значимости был принят  $p=0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

В исследовании приняли участие 53 пациента, из них 22 (41,5%) мужчины и 31 (58,5%) женщина. Средний возраст пациентов составил  $49,17 \pm 15,82$  года. В табл. 2 представлены данные описательной статистики по основным изучаемым параметрам.

### Основные результаты исследования

При поиске различий между группами при попарном сравнении с помощью  $U$ -критерия Манна–Уитни были получены результаты, представленные в табл. 3 (А–Д).

Приведённые в табл. 2 и 3 результаты свидетельствуют о следующем.

- Длительность операции в 4-й группе (VCR по поводу новообразований тел позвонков) статистически значимо отличается от таковой во 2-й ( $p=0,035$ ) и 3-й ( $p=0,039$ ) группе (VCR по поводу травм и ригидных сколиотических деформаций позвоночника соответственно) в сторону увеличения.
- Интраоперационная потеря крови в 3-й группе (VCR по поводу дегенеративного /идиопатического сколиоза) статистически значимо отличается от всех прочих групп в сторону увеличения ( $p=0,014$  в сравнении с 1-й,  $p < 0,001$  — со 2-й,  $p=0,039$  — с 4-й).
- Показатели концентрации гемоглобина на 1-е сут у мужчин после вмешательства для 3-й группы статистически значимо отличаются в сторону уменьшения от таковых в 1-й ( $p=0,016$ ) и 2-й ( $p=0,036$ ) группе, при этом до вмешательства указанные различия не обнаруживаются (см. табл. 3, В).
- У женщин различия в уровне гемоглобина между группами не выявляются ни до, ни на 1-е сут после вмешательства ( $p > 0,05$ ; см. табл. 3, Г).
- Протяжённость фиксации металлоконструкцией у пациентов 2-й группы (VCR по поводу высокоэнергетического травматического компрессионного перелома тела позвонка) статистически значимо меньше, чем у больных в 1-й ( $p=0,016$ ) и 3-й ( $p=0,013$ ) группе (VCR по поводу аномалий развития и деформаций постоперационного генеза, а также идиопатического сколиоза соответственно).
- Уровни остеотомии статистически значимо различаются между 2-й и 3-й ( $p=0,001$ ), а также между 2-й и 4-й ( $p=0,026$ ), 3-й и 4-й ( $p=0,001$ ) группой. Различия между 4-й и 1-й группой на текущий момент нельзя рассматривать как статистически значимые ( $p=0,066$ ), однако они могут быть потенциально доказаны в дальнейшем при увеличении размера выборки. Группа 4 (VCR по поводу новообразований тел позвонков) характеризуется в среднем наи-

меньшим значением уровня остеотомии среди всех изучаемых групп, что соответствует наиболее краинальному расположению изменённых позвонков в пределах грудного и поясничного отдела.

- Объём проводимой реинфузии статистически значимо различался во 2-й и 3-й группе (VCR по поводу травм и дегенеративного /идиопатического сколиоза соответственно;  $p=0,001$ ), при этом в 3-й группе объём затребованной аутокрови оказался максимальным.

В целом результаты VCR в 1-й группе (деформации, вызванные аномалиями развития и послеоперационными деформациями) не имеют статистически значимых различий в сравнении с другими группами по всем исследуемым параметрам.

2-я группа (пациенты с высокоэнергетическим компрессионным переломом груднопоясничного отдела позвоночника вне острой фазы) характеризуется наименьшей протяжённостью фиксации (в среднем 5,76 уровней), что может быть обусловлено отсутствием либо минимальным нарушением сагиттального баланса у таких пациентов, коррекция которого не требует значительной протяжённости металлоконструкции.

3-я группа (пациенты со сколиотическими деформациями дегенеративно-дистрофического и идиопатического генеза) характеризуется наибольшей /максимальной интраоперационной потерей крови (в среднем 2900,60 мл, что в 2–3 раза превышает этот показатель для остальных рассматриваемых групп пациентов). Высокая интраоперационная кровопотеря обуславливает и повышенные требования к объёму реинфузии (в среднем 732,13 мл для данной группы), и низкую концентрацию гемоглобина на 1-е сут после вмешательства (в среднем 95,75 г/л у мужчин и 99,80 г/л у женщин). Протяжённость фиксации у пациентов 3-й группы (в среднем 8,87 уровней позвоночника) превышает аналогичный показатель всех прочих групп, что объясняется необходимостью коррекции деформации одновременно в 2 плоскостях (фронтальной и сагиттальной), увеличивающей объём оперативного вмешательства и, следовательно, потерю крови в его ходе. Закономерно возрастает и потребность в реинфузии.

В 4-й группе (применение VCR для коррекции деформаций, вызванных опухолевым поражением позвонков) вмешательства чаще всего выполняли в среднегрудном отделе на уровне Th<sub>VII</sub>–Th<sub>VIII</sub>. Подобная ситуация может быть обусловлена непрогнозируемым (на данном этапе) развитием (расположением) метастатических очагов и иных новообразований в телах позвонков. В то же время большая «каудальность» средних уровней в других группах (1-я — позвонки Th<sub>XI</sub>–Th<sub>XII</sub>, 2-я — Th<sub>X</sub>–Th<sub>XI</sub>, 3-я — L<sub>I</sub>–L<sub>II</sub>) может быть связана:

- для 1-й группы — с составом пациентов (с точки зрения расположения изменённых позвонков) в выборке исследования;

Таблица 2. Данные описательной статистики по основным изучаемым параметрам

Table 2. Descriptive statistics data on the main studied parameters

Группа	Число, n	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение
<i>Длительность вмешательства, мин</i>					
1-я	8	210	660	360,00	155,47
2-я	21	210	580	303,33	90,35
3-я	15	165	420	299,33	70,93
4-я	9	155	600	400,00	137,55
<i>Интраоперационная потеря крови, мл</i>					
1-я	8	400	2500	1131,25	763,89
2-я	21	300	2900	840,48	602,62
3-я	15	700	8100	2900,60	2200,38
4-я	9	200	2320	946,67	732,87
<i>Объём реинфузированной интраоперационно крови, мл</i>					
1-я	8	0	900	307,25	332,83
2-я	21	0	744	109,19	207,15
3-я	15	0	2226	732,13	667,26
4-я	9	0	0	0	–
<i>Уровень проведения остеотомии</i>					
1-я	8	6	16	11,25	4,43
2-я	21	3	15	10,81	3,40
3-я	15	6	16	13,87	3,93
4-я	9	1	13	7,11	4,40
<i>Протяжённость фиксации (в позвоночно-двигательных сегментах)</i>					
1-я	8	3	14	8,25	3,69
2-я	21	5	10	5,76	1,51
3-я	15	2	17	8,87	4,58
4-я	9	5	9	6,33	1,32
<i>Гемоглобин периферической крови до операции, г/л</i>					
Мужчины					
1-я	5	117	167	139,80	19,15
2-я	11	112	150	131,55	13,83
3-я	4	119	136	127,50	6,95
4-я	2	128	140	134,00	8,49
Женщины					
1-я	3	125	166	145,67	20,50
2-я	10	103	156	129,00	18,74
3-я	11	100	150	129,55	13,74
4-я	7	113	155	127,57	15,15
<i>Гемоглобин периферической крови на 1-е сут после операции, г/л</i>					
Мужчины					
1-я	5	104	139	118,40	12,90
2-я	11	92	129	109,18	12,46
3-я	4	88	102	95,75	7,32
4-я	2	97	126	111,50	20,51
Женщины					
1-я	3	105	126	116,00	10,54
2-я	10	74	126	99,80	14,99
3-я	11	88	140	111,18	18,87
4-я	7	87	143	110,71	18,59

Примечание. Средние значения и стандартные отклонения округлены до 2-го знака после запятой.

Note. Means and standard deviations are rounded to 2 decimal places.

Таблица 3. Асимптотическая значимость различий ( $p$ ) между группами при сравнении по  $U$ -критерию Манна–УитниTable 3. Asymptotic significance of differences ( $p$ ) between groups when compared using the Mann–Whitney  $U$ -test

А						
	Группа	1	2	3	4	
Длительность операции →	1	–	0,340	<b>0,014</b>	0,592	Интраоперационная потеря крови ←
	2	0,509	–	<b>&lt;0,001</b>	0,982	
	3	0,456	0,680	–	<b>0,003</b>	
	4	0,531	<b>0,035</b>	<b>0,039</b>	–	
Б						
	Группа	1	2	3	4	
Протяжённость фиксации →	1	–	0,554	0,106	0,066	Уровень остеотомии ←
	2	<b>0,016</b>	–	<b>0,001</b>	<b>0,026</b>	
	3	0,770	<b>0,013</b>	–	0,001	
	4	0,238	0,093	0,182	–	
В						
	Группа	1	2	3	4	
Гемоглобин до операции, мужчины →	1	–	0,192	<b>0,016</b>	0,857	Гемоглобин на 1-е сут после операции, мужчины ←
	2	0,461	–	<b>0,036</b>	0,843	
	3	0,268	0,695	–	0,348	
	4	0,845	0,921	0,240	–	
Г						
	Группа	1	2	3	4	
Гемоглобин до операции, женщины →	1	–	0,107	0,697	0,419	Гемоглобин на 1-е сут после операции, женщины ←
	2	0,176	–	0,192	0,282	
	3	0,243	0,860	–	0,964	
	4	0,137	0,883	0,717	–	
Д						
	Группа	1	2	3		
Объём реинфузии →	1	–				
	2	0,073	–			
	3	0,111	<b>0,001</b>	–		

*Примечание.* Статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия выделены полужирным шрифтом. Сравнение объёма реинфузии с 4-й группой (табл. 3, Д) не проводилось, поскольку реинфузия в указанной группе не использовалась. Значения округлены до 3-го знака после запятой.

*Note.* Statistically significant ( $p < 0.05$ ) differences are shown in bold. Reinfusion volume comparison with the 4th group (Table 3, Д) was not carried out, since reinfusion was not used in this group. Values are rounded to 3 decimal places.

- для 2-й группы — с характерностью груднопоясничного переходного отдела как зоны повреждений [вероятность компрессионного перелома верхне- и среднегрудных позвонков при травме несколько ниже, чем нижележащих (нижнегрудных и поясничных)];
- для 3-й группы — с выбором уровня остеотомии в соответствии с фактическим характером деформаций у пациентов, вошедших в исследование.

При сравнении между группами статистически значимые различия в уровне остеотомии обнаружены между группами 4 и 2 (кифотические деформации по поводу застарелых компрессионных переломов позвонков;  $p=0,035$ ) и группой 3 (VCR по поводу ригидных сколиотических деформаций;  $p=0,039$ ).

Длительность «онкоортопедического» вмешательства в среднем оказалась наивысшей в группе 4 в сравнении

с остальными исследуемыми группами, что можно объяснить повышенными требованиями к технике выполнения за счёт следования принципам абластики.

### Нежелательные явления

В ходе проведения исследования не зарегистрировано информации о нежелательных явлениях.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

При выполнении VCR по поводу новообразований позвоночника длительность операции статистически значимо выше, чем при VCR по поводу высокоэнергетических «взрывных» компрессионных переломов тел позвонков и сколиотических деформаций IV степени. Дополнительно

эта группа характеризуется в среднем наиболее краниальным значением уровня остеотомии среди групп пациентов, участвовавших в исследовании.

VCR по поводу идиопатических сколиотических деформаций характеризуется большим объёмом интраоперационной кровопотери, чем иные рассмотренные в исследовании нозологии, различия носят статистически значимый характер. Также у пациентов-мужчин этой группы уровень гемоглобина на 1-е сут после вмешательства статистически значимо ниже, чем у пациентов, которым VCR выполняли по поводу компрессионных переломов тел позвонков либо деформации, вызванной аномалией развития позвонка.

В ходе резекции позвоночного столба по поводу «взрывных» компрессионных переломов тел позвонков протяжённость фиксации статистически значимо меньше, чем при аналогичном вмешательстве по поводу аномалий развития и деформаций постоперационного генеза, а также идиопатического сколиоза IV степени.

При выполнении VCR по поводу идиопатического сколиоза IV степени требуется статистически значимо больший объём реинфузированной аутокрови, чем при вмешательстве по поводу острой травматической патологии («взрывных» компрессионных переломах тел позвонков).

## Обсуждение основного результата исследования

Следует отметить, что даже базовые сведения о менеджменте крови при VCR в настоящее время освещены крайне скудно. В рамках подготовки этого раздела статьи в литературе нами не обнаружено ни одной публикации, в которой бы описывалось содержание гемоглобина периферической крови до и после (на 1-е сут) VCR, а сведения о прочих рассматриваемых параметрах, за исключением длительности вмешательства и интраоперационной потери крови, даны не во всех работах. Популярно всестороннее освещение достигнутой коррекции с рентгенологической и неврологической точки зрения, в то время как менеджмент крови, а также сравнение периоперационных особенностей VCR по различным группам нозологий остаются вне основного фокуса вертебрологической мысли, несмотря на их очевидную актуальность для клиницистов.

### *Аномалии развития (1-я группа пациентов)*

Анализ показателей лечения методом VCR пациентов с аномалиями развития позвоночника концептуально сложен по причине разнообразия самих аномалий и, соответственно, требуемого объёма хирургического вмешательства. В рамках данного обсуждения мы считаем целесообразным ограничиться анализом работ, посвящённых аномалиям развития, при которых поражается только 1 позвонок, который и должен быть резецирован.

Абсолютное число публикаций, описывающих применение VCR по поводу аномалий развития позвоночного столба (результатом которых являлась кифотическая, кифосколиотическая или сколиотическая деформация), посвящено лечению детей и подростков (0–17 лет). Материалы по лечению взрослых (18 лет и старше) крайне ограничены. Примером качественной работы, связанной с результатами выполнения VCR по поводу врождённого сколиоза, вызванного аномалиями развития, является публикация Liu и соавт. [16]. Несмотря на акцент на рентгенологических аспектах, помимо основных авторы приводят также некоторые «нетипичные», редко встречающиеся в публикациях данные. Так, интраоперационная потеря крови среди 24 пациентов составила  $1754 \pm 657,3$  мл, что несколько выше полученных в нашем исследовании данных ( $1131,25 \pm 763,89$  мл), а число транспедикулярных винтов —  $14,3 \pm 1,6$  (от 12 до 16). Недостатком для полноценного сравнения является невозможность определить число фиксированных уровней по количеству винтов, так как на определённом уровне может находиться от 0 до 2 винтов.

### *Компрессионные травматические переломы (2-я группа пациентов)*

Ввиду своей сложности VCR не является методом выбора при коррекции деформаций при компрессионных (в том числе «взрывных») переломах грудного и поясничного отдела позвоночного столба даже вне острой фазы травмы. Очевидно, что приоритет при подобных травмах имеет максимально быстрое и технически простое создание стабильности в повреждённом сегменте с одновременным исключением компрессионной угрозы для невральных структур — спинного мозга, корешков, нервов. Для пациентов этой категории не характерны длительно формирующиеся нарушения сагиттального баланса, поэтому при таких условиях оправдывает себя минимальная необходимая фиксация, включающая 5 уровней (2 уровня краниальнее повреждённого позвонка + собственно повреждённый позвонок + 2 уровня дистальнее от него). Данная причина объясняет наименьшую протяжённость фиксации среди пациентов всех групп, вошедших в наше исследование ( $5,76 \pm 1,51$  уровня; см. табл. 2), пусть и имеющую значимые различия только с 1-й группой (плановые вмешательства по поводу аномалий развития позвоночника, результирующие в его деформации).

В литературе имеются сведения о результатах имеющей значительное сходство с VCR трёхколонной реконструкции позвоночника из заднего доступа. Hamzaoglu и соавт. [17] обобщён опыт выполнения VCR из дорсального доступа у 51 взрослого пациента с травматической патологией по типу «взрывных» компрессионных переломов тел позвонков. Приводятся следующие данные: средняя длительность вмешательства — 434 (270–535) мин,

что в среднем выше, чем по нашим данным ( $303,33 \pm 90,35$  мин); средняя интраоперационная потеря крови —  $520 (360-1100)$  мл, что несколько ниже наших результатов ( $840,48 \pm 602,62$  мл), однако в целом сопоставимо с ними. Авторы подчёркивают важность совокупного применения таких гемостатических мер, как интраоперационное введение транексамовой кислоты, поддержание оптимального артериального давления в ходе вмешательства, широкое применение термокоагуляции мелких сосудов и использование высокоскоростных боров. Недостатком исследования является то, что у 3 из 51 (5,88%) пациентов остеотомия была выполнена на 2 уровнях, что не позволяет говорить о полном методологическом соответствии, однако позволяет составить сравнительное впечатление о результатах вмешательства.

### **Дегенеративный и идиопатический кифосколиоз (3-я группа пациентов)**

В работе Zhang и соавт. [18] приводятся результаты изучения эффективности VCR у 12 пациентов с ригидным идиопатическим сколиозом IV степени. Показано, что VCR, выполняемая по поводу этой нозологии (средний угол деформации до вмешательства —  $108,91 \pm 16,56$ , после —  $56,49 \pm 18,82$  °), характеризуется средней потерей крови  $1333,33 \pm 574,19$  мл и временем хирургического вмешательства  $326,67 \pm 27,91$  мин. Таким образом, продолжительность вмешательства больше, чем зарегистрировано в нашем исследовании, но интраоперационная потеря крови меньше. В исследовании приводится среднее число уровней фиксации в  $11,33 \pm 2,27$ , что больше среднего показателя, полученного в нашем исследовании ( $8,87 \pm 4,58$ ).

С определёнными ограничениями может быть также рассмотрена работа Zhou и соавт. [19], посвящённая в том числе проведению VCR у пациентов с ригидными сколиотическими деформациями. Из 22 наблюдений идиопатический сколиоз отмечался у 16 пациентов, нейромышечный — у 6. Авторы сообщают о средней длительности вмешательства в  $539,5 \pm 38,0$  мин, интраоперационной кровопотере в  $1895,5 \pm 566,7$  мл, что несколько ниже полученных в нашем исследовании показателей интраоперационной потери крови ( $2900,60 \pm 2200,38$  мл), но выше показателя зарегистрированной в нашем исследовании средней продолжительности вмешательства (наименьший результат — в группе 3 —  $299,33 \pm 70,93$  мин; наибольший — в группе 4 —  $400,00 \pm 137,55$  мин). Существенным ограничением для анализа является рассмотрение авторами двухдоступной одноэтапной VCR в отличие от изучаемой в рамках нашего исследования однодоступной.

### **Онкологические нозологии (4-я группа пациентов)**

Сведения о применении VCR в области онкоортопедии, не относящиеся к описанию отдельных клинических наблюдений, в литературе немногочисленны. Заслуживает внимания работа Jandial и соавт. [15],

в которой изучали результаты резекции позвоночного столба в поясничном отделе из заднего монодоступа, выполняемой по поводу метастатического поражения. Всего в исследование вошли 11 взрослых пациентов (6 мужчин и 5 женщин). Распределение по нозологиям первичного новообразования среди пациентов было следующим: новообразования простаты — 2, почки — 2, лёгкого — 1, нейроэндокринная опухоль — 1, рак молочной железы — 1, плазмацитома — 1, альвеолярная рабдомиосаркома — 1, новообразование щитовидной железы — 1 наблюдение. Средняя интраоперационная потеря крови составила  $1618 (900-4000)$  мл, что значительно выше полученных нами результатов [ $946,67 (200-2320)$  мл]. Однако необходимо учитывать, что у пациентов, вошедших в наше исследование, остеотомия проводилась преимущественно в грудном отделе позвоночника (единственным уровнем поясничного отдела в нашем исследовании стал L<sub>1</sub>). Меньший объём потери крови при сходных принципах вмешательства может объясняться меньшими размерами позвонков в грудном отделе, а также меньшим объёмом (и площадью в ране) прилежащих мышечных массивов, предъявляющих соответствующие требования к гемостатическим мерам. Авторы приводят сведения об интраоперационной потере крови для каждого из 11 пациентов с указанием гистологических данных, однако из-за многообразия гистологической природы новообразований случаи каждого отдельного типа, требующие VCR, единичны. По этой причине анализ возможных взаимосвязей между гистологическим типом новообразования и интраоперационной потерей крови в настоящий момент преждевременен из-за скудности данных.

При сравнении интраоперационной кровопотери с другими группами пациентов в рамках нашего исследования обнаружены (см. табл. 3, А) статистически значимые ( $p=0,003$ ) различия между данной группой и 3-й группой, соответствующей пациентам с ригидными сколиотическими деформациями: в группе 3 этот показатель был выше, чем в рассматриваемой (4-й). Это может быть объяснено меньшей протяжённостью фиксации ( $8,87 \pm 4,58$  уровней в 3-й и  $6,33 \pm 1,32$  — в 4-й), что подразумевает более протяжённый доступ при коррекции сколиотической деформации, большее время на его создание и закрытие и, следовательно, неизбежно большую потерю крови в ходе вмешательства.

В той же работе Jandial и соавт. [15] приводится средняя длительность вмешательства в 6,6 ч (396 мин), диапазон 4,5–9 ч (270–540 мин). Полученные в нашей работе результаты в целом согласуются с этим временным интервалом: среднее значение этого показателя в нашем исследовании составило 400 (155–600) мин.

В статье, посвящённой анализу осложнений VCR у 40 пациентов с новообразованиями тел позвонков, Fan и соавт. [13] приводят также и некоторые сведения, представляющие интерес с точки зрения менеджмента

крови: медианный объём интраоперационной кровопотери, по их данным, оказался равен 2400 (600–11 000) мл, длительность вмешательства — 305,8±78,2 (от 135 до 470) мин; объём переливания эритроцитарных компонентов крови — 2600 (0–26 200) мл, что в целом меньше полученных нами результатов в отношении длительности вмешательства, но больше в прочих аспектах. Вместе с тем необходимо отметить, что у 4 из 40 (10%) пациентов проводилось удаление 2 смежных позвонков, а не 1, что не позволяет полностью сопоставить результаты этой работы и нашего исследования.

Интересно, что авторы работы [13] зарегистрировали 75% (30/40) новообразований в грудном отделе позвоночника и лишь 25% (10/40) — в поясничном. Преимущественная локализация в грудном отделе позвоночника в целом соответствует результату, полученному в нашем исследовании. Также в исследовании Dreimann и соавт. [14], посвящённом лечению 11 пациентов с метастатической компрессией спинного мозга, все (100%) пациентов имели метастатическое поражение именно грудного отдела позвоночника, что подтверждает повышенную «склонность» к метастазированию именно в этом отделе в сравнении с поясничным. Локализация в грудном отделе может иметь определённое значение для предполагаемого объёма интраоперационной потери крови и планирования замещающей терапии при VCR.

### Ограничения исследования

Ввиду отсутствия рандомизации в данном наблюдательном исследовании не представляется возможным обеспечить контроль вмешивающихся факторов. Также ограничения накладывает ретроспективный характер исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MacLennan A. Scoliosis // *BMJ*. 1922. Vol. 2, N 3227. P. 864–866.
2. Hodgson A.R. Correction of fixed spinal curves: a preliminary communication // *J Bone Joint Surg Am*. 1965. N 47. P. 1221–1227.
3. Jain A.K. Tuberculosis of the spine: a fresh look at an old disease // *J Bone Joint Surg Br*. 2010. Vol. 92, N 7. P. 905–913. doi: 10.1302/0301-620X.92B7.24668
4. Rajasekaran S. The natural history of post-tubercular kyphosis in children. Radiological signs which predict late increase in deformity // *J Bone Joint Surg Br*. 2001. Vol. 83, N 7. P. 954–962. doi: 10.1302/0301-620X.83b7.12170
5. Rajasekaran S. Kyphotic deformity in spinal tuberculosis and its management // *Int Orthop*. 2012. Vol. 36, N 2. P. 359–365. doi: 10.1007/s00264-011-1469-2
6. Zhou T., Li C., Liu B., et al. Analysis of 17 cases of posterior vertebral column resection in treating thoracolumbar spinal tuberculous angular kyphosis // *J Orthop Surg Res*. 2015. N 10. P. 64. doi: 10.1186/s13018-015-0195-7
7. Hua W., Wu X., Zhang Y., et al. Incidence and risk factors of neurological complications during posterior vertebral column resection

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Универсальность клинических задач, при которых может быть выполнена резекция позвоночного столба по методике VCR, обуславливает и значительную гетерогенность групп пациентов, которым проводится такое лечение. В соответствии с нозологиями к оперативным вмешательствам предъявляют различные требования: абластичность, быстрота стабилизации позвоночника, оптимальная биомеханика фиксированного позвоночника или иные. Знание особенностей выполнения вмешательств при различных нозологиях, безусловно, будет весьма полезно в вертебрологической практике.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

to correct severe post-tubercular kyphosis with late-onset neurological deficits: case series and review of the literature // *J Orthop Surg Res*. 2018. Vol. 13, N 1. P. 269. doi: 10.1186/s13018-018-0979-7

8. Bridwell K.H. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006. Vol. 31, Suppl. 19. P. S171–S178. doi: 10.1097/01.brs.0000231963.72810.38

9. Enercan M., Ozturk C., Kahraman S. Osteotomies/spinal column resections in adult deformity // *Eur Spine J*. 2013. Vol. 22, Suppl. 2. P. S254–S264. doi: 10.1007/s00586-012-2313-0

10. Gaines R.W. L5 vertebrectomy for the surgical treatment of spondyloptosis: thirty cases in 25 years // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005. Vol. 30, Suppl. 6. P. S66–S70. doi: 10.1097/01.brs.0000155577.19606.df

11. Bradford D.S., Boachie-Adjei O. One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis // *Bone Joint Surg Am*. 1990. Vol. 72, N 4. P. 536–540.

12. Yang D.-L., Yang S.-D., Chen Q., et al. The Treatment Evaluation for Osteoporotic Kummell Disease by Modified Posterior Vertebral

Column Resection: Minimum of One-Year Follow-Up // *Med Sci Monit*. 2017. N 23. P. 606–612. doi: 10.12659/msm.902669

13. Fan Y., Xia Y., Zhao H., et al. Complications analysis of posterior vertebral column resection in 40 patients with spinal tumors // *Exp Ther Med*. 2014. Vol. 8, N 5. P. 1539–1544. doi: 10.3892/etm.2014.1929

14. Dreimann M., Hoffmann M., Viezens L., et al. Reducing kyphotic deformity by posterior vertebral column resection with 360° osteosynthesis in metastatic epidural spinal cord compression (MESCC) // *Eur Spine J*. 2017. Vol. 26, N 1. P. 113–121. doi: 10.1007/s00586-016-4805-9

15. Jandial R., Kelly B., Chen M.Y. Posterior-only approach for lumbar vertebral column resection and expandable cage reconstruction for spinal metastases // *J Neurosurg Spine*. 2013. Vol. 19, N 1. P. 27–33. doi: 10.3171/2013.4.SPINE12344

16. Liu S., Zhang N., Song Y., et al. Radiologic comparison of posterior release, internal distraction, final PSO and spinal fusion with one-stage posterior vertebral column resection for multi-level

severe congenital scoliosis // *BMC Musculoskelet Disord*. 2017. Vol. 18, N 1. P. 270. doi: 10.1186/s12891-017-1627-9

17. Hamzaoglu A., Elsadig M., Karadereler S., et al. Single-Stage Posterior Vertebral Column Resection With Circumferential Reconstruction for Thoracic / Thoracolumbar Burst Fractures With or Without Neurological Deficit: Clinical Neurological and Radiological Outcomes // *Global Spine J*. 2022. Vol. 12, N 5. P. 801–811. doi: 10.1177/2192568220964453

18. Zhang Y., Tao L., Hai Y., et al. One-Stage Posterior Multiple-Level Asymmetrical Ponte Osteotomies Versus Single-Level Posterior Vertebral Column Resection for Severe and Rigid Adult Idiopathic Scoliosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019. Vol. 44, N 20. P. E1196–E1205. doi: 10.1097/BRS.0000000000003101

19. Zhou C., Liu L., Song Y., et al. Comparison of anterior and posterior vertebral column resection versus anterior and posterior spinal fusion for severe and rigid scoliosis // *Spine J*. 2018. Vol. 18, N 6. P. 948–953. doi: 10.1016/j.spinee.2017.10.001

## REFERENCES

1. MacLennan A. Scoliosis. *BMJ*. 1922;2(3227):864–866.

2. Hodgson AR. Correction of fixed spinal curves: a preliminary communication. *J Bone Joint Surg Am*. 1965;47:1221–1227.

3. Jain AK. Tuberculosis of the spine: a fresh look at an old disease. *J Bone Joint Surg Br*. 2010;92(7):905–913. doi: 10.1302/0301-620X.92B7.24668

4. Rajasekaran S. The natural history of post-tubercular kyphosis in children. Radiological signs which predict late increase in deformity. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(7):954–962. doi: 10.1302/0301-620X.83B7.12170

5. Rajasekaran S. Kyphotic deformity in spinal tuberculosis and its management. *Int Orthop*. 2012;36(2):359–365. doi: 10.1007/s00264-011-1469-2

6. Zhou T, Li C, Liu B, et al. Analysis of 17 cases of posterior vertebral column resection in treating thoracolumbar spinal tuberculous angular kyphosis. *J Orthop Surg Res*. 2015;10:64. doi: 10.1186/s13018-015-0195-7

7. Hua W, Wu X, Zhang Y, et al. Incidence and risk factors of neurological complications during posterior vertebral column resection to correct severe post-tubercular kyphosis with late-onset neurological deficits: case series and review of the literature. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):269. doi: 10.1186/s13018-018-0979-7

8. Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(19 Suppl):S171–S178. doi: 10.1097/01.brs.0000231963.72810.38

9. Enercan M, Ozturk C, Kahraman S. Osteotomies/spinal column resections in adult deformity. *Eur Spine J*. 2013;22(2 Suppl):S254–S264. doi: 10.1007/s00586-012-2313-0

10. Gaines RW. L5 vertebrectomy for the surgical treatment of spondyloptosis: thirty cases in 25 years. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(6 Suppl):S66–S70. doi: 10.1097/01.brs.0000155577.19606.df

11. Bradford DS, Boachie-Adjei O. One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis. *Bone Joint Surg Am*. 1990;72(4):536–540.

12. Yang D-L, Yang S-D, Chen Q, et al. The Treatment Evaluation for Osteoporotic Kummell Disease by Modified Posterior Vertebral Column Resection: Minimum of One-Year Follow-Up. *Med Sci Monit*. 2017;23:606–612. doi: 10.12659/msm.902669

13. Fan Y, Xia Y, Zhao H, et al. Complications analysis of posterior vertebral column resection in 40 patients with spinal tumors. *Exp Ther Med*. 2014;8(5):1539–1544. doi: 10.3892/etm.2014.1929

14. Dreimann M, Hoffmann M, Viezens L, et al. Reducing kyphotic deformity by posterior vertebral column resection with 360° osteosynthesis in metastatic epidural spinal cord compression (MESCC). *Eur Spine J*. 2017;26(1):113–121. doi: 10.1007/s00586-016-4805-9

15. Jandial R, Kelly B, Chen MY. Posterior-only approach for lumbar vertebral column resection and expandable cage reconstruction for spinal metastases. *J Neurosurg Spine*. 2013;19(1):27–33. doi: 10.3171/2013.4.SPINE12344

16. Liu S, Zhang N, Song Y, et al. Radiologic comparison of posterior release, internal distraction, final PSO and spinal fusion with one-stage posterior vertebral column resection for multi-level severe congenital scoliosis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):270. doi: 10.1186/s12891-017-1627-9

17. Hamzaoglu A, Elsadig M, Karadereler S, et al. Single-Stage Posterior Vertebral Column Resection With Circumferential Reconstruction for Thoracic / Thoracolumbar Burst Fractures With or Without Neurological Deficit: Clinical Neurological and Radiological Outcomes. *Global Spine J*. 2022;12(5):801–811. doi: 10.1177/2192568220964453

18. Zhang Y, Tao L, Hai Y, et al. One-Stage Posterior Multiple-Level Asymmetrical Ponte Osteotomies Versus Single-Level Posterior Vertebral Column Resection for Severe and Rigid Adult Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019;44(20):E1196–E1205. doi: 10.1097/BRS.0000000000003101

19. Zhou C, Liu L, Song Y, et al. Comparison of anterior and posterior vertebral column resection versus anterior and posterior spinal fusion for severe and rigid scoliosis. *Spine J*. 2018;18(6):948–953. doi: 10.1016/j.spinee.2017.10.001

## ОБ АВТОРАХ

**\* Горбатьюк Дмитрий Сергеевич,**

врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8938-2321>;  
eLibrary SPIN: 7686-2123; e-mail: naddis@mail.ru

**Колесов Сергей Васильевич, д.м.н.,**

заведующий отделением, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9657-8584>;  
eLibrary SPIN: 1989-6994; e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

**Швец Владимир Викторович, д.м.н.,**

ведущий научный сотрудник, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>;  
e-mail: vshvecv@yandex.ru

**Морозова Наталья Сергеевна, к.м.н.,**

врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7448-3904>;  
eLibrary SPIN: 4593-3231; e-mail: morozcito@gmail.com

**Пташников Дмитрий Александрович, д.м.н., профессор,**

научный руководитель отделения, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5765-3158>;  
eLibrary SPIN: 7678-6542; e-mail: drptashnikov@yandex.ru

**Млявых Сергей Геннадьевич, д.м.н., доцент;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6310-4961>;  
eLibrary SPIN: 9803-0387; e-mail: spinedoc@bk.ru

**Братцев Иван Семёнович, врач-нейрохирург;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1630-7053>;  
eLibrary SPIN: 2047-0881; e-mail: spinedoc@bk.ru

## AUTHORS INFO

**\* Dmitry S. Gorbatyuk,**

traumatologist-orthopedist;  
address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8938-2321>;  
eLibrary SPIN: 7686-2123; e-mail: naddis@mail.ru

**Sergey V. Kolesov, MD, Dr. Sci. (Med.),**

traumatologist-orthopedist, department head;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9657-8584>;  
eLibrary SPIN: 1989-6994; e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

**Vladimir V. Shvets, MD, Dr. Sci. (Med.),**

leading researcher, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>;  
e-mail: vshvecv@yandex.ru

**Nataliya S. Morozova, MD, Cand. Sci. (Med.),**

traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7448-3904>;  
eLibrary SPIN: 4593-3231; e-mail: morozcito@gmail.com

**Dmitry A. Ptashnikov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,**

scientific head of the department, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5765-3158>;  
eLibrary SPIN: 7678-6542; e-mail: drptashnikov@yandex.ru

**Sergey G. Mlyavykh, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6310-4961>;  
eLibrary SPIN: 9803-0387; e-mail: spinedoc@bk.ru

**Ivan S. Bratsev, neurosurgeon;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1630-7053>;  
eLibrary SPIN: 2047-0881; e-mail: spinedoc@bk.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112464>

# Экспериментальное обоснование применения плазмы, обогащённой тромбоцитами, в сочетании с микрофрактурированием в лечении локальных остеохондральных дефектов гиалинового хряща коленного сустава: нерандомизированное контролируемое исследование

В.А. Васюков<sup>1</sup>, А.А. Воротников<sup>1</sup>, Г.А. Айрапетов<sup>1, 2</sup>, С.Ю. Чекрыгин<sup>1</sup>, В.С. Боташева<sup>1</sup><sup>1</sup> Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Российская Федерация<sup>2</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физиопульмонологии, Санкт-Петербург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Рассекающий остеохондрит коленного сустава занимает одно из лидирующих мест среди заболеваний и повреждений, сопровождающихся поражением суставного хряща. Существующее многообразие методик консервативного и хирургического лечения остеохондральных дефектов гиалинового хряща не даёт в полной мере удовлетворительных результатов восстановительного лечения.

**Цель.** Произвести оценку эффективности предложенного нами комбинированного метода лечения полнослойных остеохондральных дефектов коленного сустава.

**Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы выполнена на 27 овцах романовской породы возрастом от 5 мес до 1 года (средний возраст 8,5 мес), весом от 20 до 35 кг (средний вес 27,1 кг). Все особи были условно разделены на 3 экспериментальные группы по 9 животных, в каждой из которых интраоперационно смоделировали остеохондральный дефект медиального мыщелка обеих задних конечностей. При этом левый коленный сустав считали экспериментальным, правый — контрольным. В 1-й экспериментальной группе на левом коленном суставе, помимо остеохондрального дефекта мыщелка бедренной кости, выполняли микрофрактурирование, во 2-й — микрофрактурирование и введение обогащённой тромбоцитами плазмы (PRP), в 3-й — микрофрактурирование и введение PRP через 3 нед. Животных выводили по 3 из каждой группы через 1, 3 и 6 мес. Результаты оценивали с помощью макро- и микроскопического исследования.

**Результаты.** В 1-й экспериментальной группе регенерация хряща происходила медленно. Во 2-й группе с использованием PRP наблюдали более интенсивную регенерацию хрящевой ткани. В 3-й группе регенерация хрящевой ткани протекала более интенсивно, чем в 1-й и 2-й экспериментальных группах.

**Заключение.** В ходе эксперимента с применением нескольких методов лечения остеохондральных дефектов коленного сустава наиболее эффективным показал себя комбинированный метод лечения с применением микрофрактурирования и введением PRP через 3 нед после операции.

**Ключевые слова:** остеохондральный дефект; коленный сустав; плазма, обогащённая тромбоцитами; микрофрактурирование.

## Как цитировать:

Васюков В.А., Воротников А.А., Айрапетов Г.А., Чекрыгин С.Ю., Боташева В.С. Экспериментальное обоснование применения плазмы, обогащённой тромбоцитами, в сочетании с микрофрактурированием в лечении локальных остеохондральных дефектов гиалинового хряща коленного сустава: нерандомизированное контролируемое исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 249–257. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112464>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112464>

# Experimental substantiation of the use of platelet-rich plasma in combination with microfracturing in the treatment of local osteochondral defects of the hyaline cartilage of the knee joint: non-randomized controlled study

Vyacheslav A. Vasyukov<sup>1</sup>, Alexandr A. Vorotnikov<sup>1</sup>, Georgii A. Airapetov<sup>1,2</sup>, Sergey Yu. Chekrygin<sup>1</sup>, Valentina S. Botasheva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Dissecting osteochondritis of the knee joint is one of the common diseases accompanied by damage to the articular cartilage. Existing conservative and surgical methods of treating osteochondral defects of the hyaline cartilage do not give full satisfactory results of restorative treatment.

**OBJECTIVE:** This study aimed to evaluate the effectiveness of the combined method proposed for the treatment of full-layer osteochondral defects of the knee joint.

**MATERIALS AND METHODS:** The experiment was conducted on 27 Romanov sheep aged 5 months to 1 year and weighing 20–35 kg. All animals were conditionally divided into three experimental groups of nine animals, each of which intraoperatively modeled the osteochondral defect of the medial condyle of both hind limbs. Moreover, the left knee joint was assigned to the experimental group, whereas the right knee joint was assigned to the control group. Thus, in first experimental group, microfracturing was performed on the left knee joint in addition to the osteochondral defect of the femoral condyle; in the second experimental groups, microfracturing and platelet-rich plasma (PRP) administration; in the third experimental group, microfracturing, and PRP administration after 3 weeks. From each group, three animals were sacrificed at 1, 3, and 6 months. Results were evaluated by macro- and microscopic examination.

**RESULTS:** In the first experimental group, cartilage regeneration was slow. In the second experimental group using PRP, more intensive regeneration of cartilage tissue occurred. In the third experimental group, cartilage tissue regeneration occurred more intensively.

**CONCLUSION:** During the experiment, in which several methods of treating osteochondral defects of the knee joint were employed, the most effective was the combined method of microfracturization and PRP administration 3 weeks after surgery.

**Keywords:** osteochondral defect; knee-joint; platelet-rich plasma; microfracturing.

## To cite this article:

Vasyukov VA, Vorotnikov AA, Airapetov GA, Chekrygin SYu, Botasheva VS. Experimental substantiation of the use of platelet-rich plasma in combination with microfracturing in the treatment of local osteochondral defects of the hyaline cartilage of the knee joint: non-randomized controlled study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):249–257. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto112464>

## ОБОСНОВАНИЕ

Рассекающий остеохондрит коленного сустава является одной из причин развития болевого синдрома и нарушения функции коленного сустава у пациентов [1]. В настоящее время не существует единого подхода к лечению этой патологии. Неправильно выбранная лечебная тактика приводит к ранним дегенеративно-дистрофическим процессам с последующим снижением функции сустава и качества жизни пациента. Лечение локальных остеохондральных дефектов гиалинового хряща мыщелков бедренной кости — одна из важных и малоизученных проблем в современной ортобологии. В отечественной и зарубежной литературе отсутствует однозначное мнение относительно выбора хирургического метода лечения данной патологии. Каждая предложенная методика имеет свои преимущества и недостатки [2]. Микрофрактурирование стимулирует регенеративные процессы в очаге и считается относительно простым способом лечения, что делает его популярным [3]. PRP-терапия (PRP — platelet rich plasma — плазма, обогащённая тромбоцитами) также является доступным методом терапии, однако сочетание двух этих методов в литературе практически не упоминается [4]. Экспериментальные исследования на животных позволяют обоснованно внедрить в лечебный процесс новые технологии. Результаты нашего исследования дают возможность проследить все этапы регенерации костно-хрящевого дефекта при использовании различных методов лечения.

**Цель исследования** — сравнить результаты микро- и макроскопического исследования, полученные при проведении эксперимента, и на основании этих данных произвести оценку эффективности комбинированного метода лечения полнослойных остеохондральных дефектов коленного сустава.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено нерандомизированное контролируемое исследование.

### Условия проведения

Набор экспериментальных животных осуществляли на базе ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (Ставрополь). Исследование проводили в период с ноября 2020 по июль 2021 года, период включения экспериментальных животных в исследование — ноябрь 2020 – февраль 2021 года, период отслеживания исходов исследования — декабрь 2020 – июль 2021 года.

Специфических факторов, способных повлиять на выводы, нами не установлено.

## Критерии соответствия

**Критерий включения:** возраст животных от 5 мес до 1 года.

**Критерий исключения:** любые осложнения на коленном суставе после операции.

## Описание медицинского вмешательства

Под общим наркозом с помощью 2% раствора ксилазина гидрохлорида (Рометар) в дозировке 0,5 мл/кг выполняли артротомию коленного сустава внутренним парапателлярным доступом перпендикулярно проекции суставной щели длиной 4 см. Операционное поле обрабатывали дезинфицирующим раствором Форисепт. Заднюю конечность фиксировали к хирургическому столу в положении умеренной флексии. Послойно рассекали кожу, подкожно-жировую клетчатку, собственную фасцию, капсулу коленного сустава, тем самым обеспечивая визуализацию медиального мыщелка бедренной кости. С помощью бора для аутохондропластики на медиальном мыщелке формировали остеохондральный дефект диаметром 5 мм. В конце операции рану ушивали послойно. Микрофрактурирование выполняли с помощью шила путём создания микропереломов субхондральной кости в количестве 4 на 1 см<sup>2</sup> и на глубину 5 мм до появления геморрагий.

Для PRP производили взятие 15 мл венозной крови экспериментального животного и использовали центрифугу «Excelsa Baby II 206-R» (Fanem, Бразилия).

Всех экспериментальных животных содержали в виварии и обеспечивали полноценным питанием, а также выдерживали режим дозированной двигательной активности. Из эксперимента животных выводили по 3 из каждой экспериментальной группы через 1, 3 и 6 мес после его начала. Эвтаназию осуществляли с помощью раствора тиопентала натрия в дозировке 2,5 мл/кг.

Препараты для морфологического исследования готовили из костно-хрящевых фрагментов медиального мыщелка бедренной кости. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Фотодокументирование осуществляли посредством цифровой камеры «DFC 420» (Leica Microsystems AG, Германия) и микроскопа «Leica D14 1000» (Leica Microsystems AG, Германия). Микроскопическую оценку давали, учитывая следующие критерии:

- удельный объём хондроцитов;
- удельный объём хрящевого матрикса;
- удельный объём соединительной ткани;
- средняя глубина дефекта.

Область дефекта оценивали визуально при помощи специальной шкалы Driscoll (2002), учитывая амплитуду движений в суставе, восстановление контура суставной щели, наличие эрозии суставной поверхности и внешний вид регенерата.

## Исходы исследования

Основным исходом исследования считали восстановление костно-хрящевого дефекта.

## Анализ в подгруппах

Все особи были разделены на 3 экспериментальные группы по 9 животных в каждой. Во всех группах интраоперационно моделировали полнослойный очаговый дефект гиалинового хряща с захватом поверхностной части субхондральной кости диаметром 5,0 мм по внутренней поверхности медиального мыщелка бедренной кости левой и правой задней конечности. При этом во всех группах левый коленный сустав считали экспериментальным, а правый — контрольным. Помимо создания остеохондрального дефекта в мыщелке, в экспериментальных группах выполняли следующие манипуляции:

- в 1-й группе — микрофрактурирование;
- во 2-й — микрофрактурирование и введение PRP сразу после ушивания раны;
- в 3-й — микрофрактурирование и введение PRP через 3 нед после операции.

## Методы регистрации исходов

Оценку производили визуально (макроскопически) по специальной шкале Driscoll и морфологическими методами с использованием световой микроскопии. Для гистологического исследования брали костно-хрящевые фрагменты медиального мыщелка бедренной кости овцы и готовили микропрепарат. Микрофотосъёмку гистологических препаратов осуществляли с помощью микроскопа «Leica D14 1000», фотодокументирование выполняли посредством цифровой камеры «DFC 420» с программным обеспечением «Imagescape M». В работе были использованы теоретические, экспериментальные и специальные методы научного исследования, такие как метод контент-анализа и статистический метод.

## Этическая экспертиза

Для проведения исследования получено заключение локального Этического комитета ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» (протокол № 92 от 28.10.2020).

## Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Накопление, корректировку, систематизацию исходной информации и визуализацию полученных результатов осуществляли в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016 (США). Статистический анализ данных проводили с использованием программы Statistica v. 13.3 (StatSoft Inc., США). Результаты представлены во всех группах через 1, 3 и 6 мес. Для всех показателей рассчитывали среднее арифметическое значение и стандартное отклонение ( $M \pm \sigma$ ). Для проверки статистической значимости использовали  $t$ -критерий Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Объекты исследования

Экспериментальное моделирование полнослойного очагового костно-хрящевого дефекта проведено на 27 овцах романовской породы возрастом от 5 мес до 1 года (средний возраст 8,5 мес), весом от 20 до 35 кг (средний вес 27,1 кг).

### Основные результаты исследования

Послеоперационный период у животных во всех экспериментальных группах протекал без особенностей.

#### Через 1 мес от начала эксперимента

*Контрольный сустав (правый):* движения в суставе ограничены, глубина кратера «минус-ткань» сформированного очагового дефекта составляет 3/4 толщины, края не сглажены, чётко прослеживается граница между новообразованной тканью и окружающей хрящевой тканью. Микроскопически обнаружены признаки неполной репаративной регенерации хрящевой и костной ткани. Новообразованный гиалиновоподобный суставной хрящ несёт в себе свойства незрелого.

*1-я экспериментальная группа (левый сустав):* движения в суставе ограничены, глубина кратера «минус-ткань» сформированного очагового дефекта составляет 3/4 толщины, края не сглажены, чётко прослеживается граница между новообразованной тканью и окружающей хрящевой тканью. Микроскопически полость остеохондрального дефекта на 1/3 заполнена фиброретикулярной тканью с наличием новообразованных сосудов. Отмечается пролиферация фибробластов. Определяются единичные хондрогенные островки.

*2-я экспериментальная группа (левый сустав):* определяются ограничения движений в суставе, «минус-ткань», составляющая 1/2 толщины сформированного дефекта с ровными гладкими краями, граница между новообразованной тканью и сохранённым гиалиновым суставным хрящом прослеживается чётко, поскольку новообразованная ткань резко полнокровна. Микроскопически в полости дефекта формируется органотипический соединительнотканый регенерат. В периостальной зоне регенерата имеются хондрогенные островки, имеющие то же строение, что и в 1-й экспериментальной группе, но больше по размерам, в количестве 5 в поле зрения микроскопа.

*3-я экспериментальная группа (левый сустав):* движения в суставе ограничены, определяется «минус-ткань», составляющая 1/3 толщины сформированного дефекта, с ровными гладкими краями, граница между новообразованной тканью и сохранённым хрящом прослеживается чётко, новообразованная ткань резко полнокровна. Микроскопически органический регенерат из фиброзной ткани полностью заполняет полость дефекта и плотно сращён с его стенками, коллагеновые

волокна формируют плотные пучки. Отмечается усиленная пролиферация фибробластов. В фиброретикулярной ткани определяется большое число хондрогенных островков (>10 в поле зрения).

За 1 мес во всех группах произошли макро- и микроскопические изменения, представленные в табл. 1.

### Через 3 мес от начала эксперимента

**Контрольный сустав (правый):** наблюдается ограничение движений в суставе, глубина кратера «минус-ткань» составляет 2/3 толщины, края не сглажены, граница между новообразованной тканью и сохранённым хрящом прослеживается чётко. Микроскопически субхондральная костная пластинка имеет искривление в сторону субхондральной кости, обнаруживаются признаки ремоделирования хрящевой ткани, что указывает на частичное восстановление структуры хряща.

**1-я экспериментальная группа (левый сустав):** наблюдается ограничение движений в суставе, определяется «минус-ткань», составляющая около 2/3 толщины сформированного дефекта, с ровными гладкими краями, граница между новообразованной тканью и сохранённым хрящом прослеживается чётко. Микроскопически дефект

полностью заполнен молодой хрящеподобной тканью, образованной хондробластами и оксифильным межклеточным веществом. Надхрящница состоит из 2 слоёв: наружный (волоконистый) и внутренний (хондрогенный). Рост хряща происходит по аппозиционному типу.

**2-я экспериментальная группа (левый сустав):** определяется ограничение движений в суставе, «минус-ткань», составляющая 1/3 толщины кратера дефекта, с ровными гладкими краями, граница между новообразованной тканью и сохранённым хрящом прослеживается чётко. Микроскопически полость дефекта полностью заполнена новообразованной молодой хрящеподобной тканью. Хондробласты более интенсивно пролиферируют, они более дифференцированы, лакуны располагаются теснее. Надхрящница полностью сформирована. Наблюдается интенсивный рост хряща по аппозиционному типу.

**3-я экспериментальная группа (левый сустав):** определяются незначительные ограничения движений в суставе, а также «минус-ткань», составляющая 1/4 толщины сформированного дефекта, с ровными гладкими краями, граница между новообразованной тканью и сохранённым гиалиновым суставным хрящом прослеживается чётко. Микроскопически полость дефекта заполнена

Таблица 1. Макро- и микроскопическая оценка спустя 1 мес от начала эксперимента

Table 1. Macro- and microscopic evaluation after 1 month from the start of the experiment

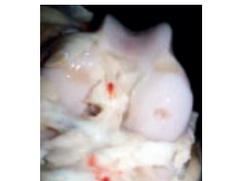
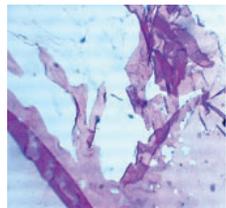
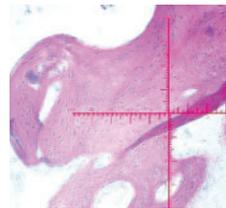
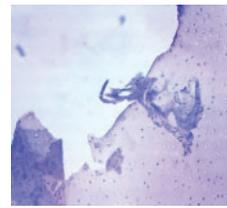
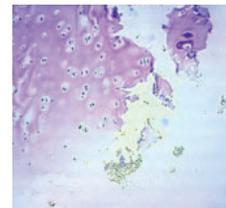
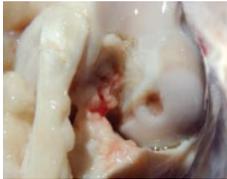
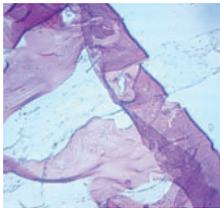
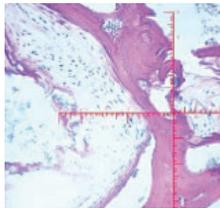
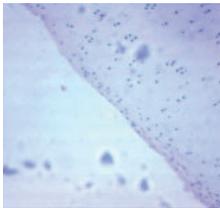
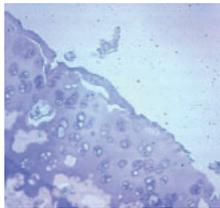
	Контроль	1-я экспериментальная группа	2-я экспериментальная группа	3-я экспериментальная группа
Средняя сумма баллов по шкале Driscoll	4,0±0,0	5,67±0,58 (p < 0,05)	6,33±0,58 (p < 0,05)	8,0±0,0 (p < 0,05)
Макроскопический вид				
Удельный объём хондроцитов, %	3,02±0,07	3,21±0,2 (p > 0,05)	3,35±0,31 (p > 0,05)	3,25±0,13 (p > 0,05)
Удельный объём хрящевого матрикса, %	22,93±0,13	23,09±0,12 (p > 0,05)	23,11±0,18 (p > 0,05)	23,05±0,17 (p > 0,05)
Удельный объём соединительной ткани, %	70,75±0,44	69,92±0,6 (p > 0,05)	69,77±0,23 (p > 0,05)	69,86±0,16 (p > 0,05)
Средняя глубина дефекта, %	67,67±0,38	67,41±0,6 (p > 0,05)	67,23±0,21 (p > 0,05)	67,45±0,5 (p > 0,05)
Микроскопический вид (ув. 40)				

Таблица 2. Макро- и микроскопическая оценка спустя 3 мес от начала эксперимента

Table 2. Macro- and microscopic evaluation after 3 month from the start of the experiment

	Контроль	1-я экспериментальная группа	2-я экспериментальная группа	3-я экспериментальная группа
Средняя сумма баллов по шкале Driscoll	4,67±0,58	6,33±0,58 ( $p < 0,05$ )	8,0±0,0 ( $p < 0,05$ )	9,33±0,58 ( $p < 0,05$ )
Макроскопический вид				
Удельный объём хондроцитов, %	3,35±0,13	3,83±0,08 ( $p < 0,05$ )	4,15±0,14 ( $p < 0,05$ )	5,08±0,27 ( $p < 0,05$ )
Удельный объём хрящевого матрикса, %	23,26±0,23	27,99±0,63 ( $p < 0,05$ )	32,8±0,18 ( $p < 0,05$ )	36,67±0,48 ( $p < 0,05$ )
Удельный объём соединительной ткани, %	69,75±0,19	69,97±0,14 ( $p < 0,05$ )	60,93±0,33 ( $p < 0,05$ )	55,9±0,52 ( $p < 0,05$ )
Средняя глубина дефекта, %	64,2±0,31	60,87±0,3 ( $p < 0,05$ )	36,4±0,46 ( $p < 0,05$ )	27,35±0,4 ( $p < 0,05$ )
Микроскопический вид (ув. 40)				

хрящеподобной тканью с наличием лакун и межклеточного вещества. Отмечается пролиферация хондробластов и их дифференцировка. Хрящеподобная ткань плотно сращена со стенками полости, фиброретикулярная ткань не обнаружена.

За 3 мес во всех группах произошли макро- и микроскопические изменения, отражённые в табл. 2.

### Через 6 мес от начала эксперимента

**Контрольный сустав (правый):** не наблюдается значительных изменений, движения в суставе ограничены, глубина кратера «минус-ткань» составляет около 3/5 толщины здорового хряща, края не сглажены, граница между новообразованной тканью и сохранённым хрящом прослеживается чётко. Микроскопически процесс регенерации хрящевой ткани носит незавершённый характер. Субхондральная костная пластинка и субхондральная губчатая кость уплотнены и утолщены, выступают в сторону поверхности.

**1-я экспериментальная группа (левый сустав):** наблюдается ограничение движений в суставе, определялась «минус-ткань», которая составляет 1/2 толщины сформированного дефекта. Края гладкие ровные, граница между новообразованной тканью и сохранённым

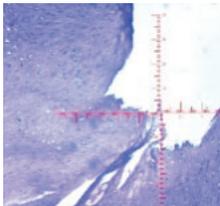
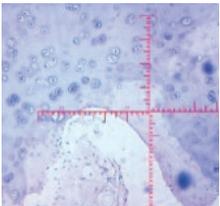
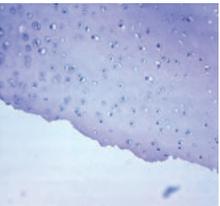
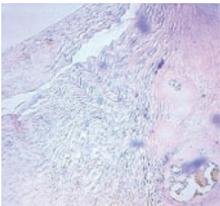
гиалиновым суставным хрящом прослеживается чётко. Микроскопически полной регенерации хряща не происходит. Полость остеохондрального дефекта мышелка заполнена незрелой хрящеподобной тканью. Субхондральная костная пластинка восстановлена на всём протяжении, за исключением области в центральном отделе дна сформированного дефекта.

**2-я экспериментальная группа (левый сустав):** движения в суставе частично ограничены, определяется «минус-ткань», составляющая около 1/4 толщины сформированного дефекта, с ровными гладкими краями, граница между новообразованной тканью и сохранённым гиалиновым суставным хрящом прослеживается чётко, поскольку новообразованная ткань умеренно полнокровна. Микроскопически в области дефекта формируется незрелая хрящевая ткань. Хондроциты более дифференцированы. Наблюдается интенсивный рост хряща по аппозиционному типу. Субхондральная костная пластинка неравномерно восстановлена, определяется между губчатой костью и соединительной тканью, форма её извилистая.

**3-я экспериментальная группа (левый сустав):** ограничений движения в суставе нет, дефект практически полностью восстановлен, граница между

Таблица 3. Макро- и микроскопическая оценка спустя 6 мес от начала эксперимента

Table 3. Macro- and microscopic evaluation after 6 month from the start of the experiment

	Контроль	1-я экспериментальная группа	2-я экспериментальная группа	3-я экспериментальная группа
Средняя сумма баллов по шкале Driscoll	5,33±0,58	7,0±0,0 ( $p < 0,05$ )	8,67±0,58 ( $p < 0,05$ )	10,0±0,0 ( $p < 0,05$ )
Макроскопический вид				
Удельный объём хондроцитов, %	3,48±0,18	4,09±0,15 ( $p < 0,05$ )	5,95±0,19 ( $p < 0,05$ )	8,48±0,25 ( $p < 0,05$ )
Удельный объём хрящевого матрикса, %	24,18±0,27	34,54±0,53 ( $p < 0,05$ )	41,81±0,61 ( $p < 0,05$ )	57,87±0,4 ( $p < 0,05$ )
Удельный объём соединительной ткани, %	68,48±0,43	62,82±0,28 ( $p < 0,05$ )	52,73±0,41 ( $p < 0,05$ )	32,97±0,39 ( $p < 0,05$ )
Средняя глубина дефекта, %	61,98±0,15	54,87±0,23 ( $p < 0,05$ )	15,47±0,42 ( $p < 0,05$ )	2,0±0,4 ( $p < 0,05$ )
Микроскопический вид (ув. 40)				

новообразованной тканью и хрящом сглажена, края ровные. Микроскопически полость дефекта полностью заполнена зрелой хрящевой тканью типа гиалинового хряща. Субхондральная костная пластинка восстановлена на всём её протяжении.

За 6 мес во всех группах произошли макро- и микроскопические изменения, представленные в табл. 3.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

Результаты, полученные в 1-й группе, показывают неполноценность сформированного регенерата. Во 2-й группе показатели регенерации имели положительные отличия в сравнении с группой 1, что связано с применением PRP. Наиболее оптимистичные результаты мы наблюдали в 3-й группе, где остеохондральный дефект регенерировал максимально полноценно.

### Обсуждение основного результата исследования

В 1-й экспериментальной группе регенерация хряща происходила за счёт потенциала собственного организма по пути локального синдрома системного воспалительного

ответа. Полученные в этой экспериментальной группе результаты согласуются с данными литературы [5]. Морфометрическое исследование показало, что к концу 6-го мес показатели удельного объёма хондроцитов и удельного объёма хрящевого матрикса были выше, чем в контрольной группе, а удельный объём соединительной ткани и средняя глубина дефекта снизились.

Во 2-й экспериментальной группе с использованием обогащённой тромбоцитами плазмы (PRP) происходит более интенсивная регенерация хрящевой ткани. Концентрация тромбоцитов и факторов роста в PRP превышена в 3–5 раз по сравнению с нативной плазмой. Тромбоциты высвобождают своё содержимое в результате дегрануляции, и начинается каскад последовательных процессов [6]. Первый этап может длиться до 3 дней, в этот момент выделяются факторы роста. Второй этап характеризуется миграцией в очаг фибробластов, их дифференцировкой и неоваскуляризацией. На третьем этапе происходит формирование и созревание коллагеновых волокон. Процесс продолжается более 1 года [7]. Введение PRP сразу после операции при наличии свежих эритроцитов тормозит процессы репаративной регенерации костно-хрящевого дефекта, поскольку поддерживается воспалительная реакция, жизненный цикл тромбоцитов

сокращается, и, соответственно, уменьшается содержание факторов роста [8]. Результаты морфометрии в 2-й экспериментальной группе к концу 6-го мес эксперимента свидетельствуют о том, что удельный объём хондроцитов и удельный объём хрящевого матрикса были выше в сравнении с контролем и 1-й группой, а удельный объём соединительной ткани и средняя глубина дефекта — ниже.

В 3-й экспериментальной группе процесс репаративной регенерации костно-хрящевого дефекта происходил интенсивнее. PRP вводили внутрисуставно в период регресса воспалительных процессов в коленном суставе и купирования послеоперационного гемартроза, то есть через 3 нед после операции. Морфометрия показала, что удельный объём хондроцитов и удельный объём хрящевого матрикса оказались значительно выше, чем в контрольной и 1-й, 2-й экспериментальной группе, а средняя глубина дефекта и удельный объём соединительной ткани были ниже.

### Ограничения исследования

По результатам нашего исследования можно установить морфологические и статистические, но не причинно-следственные связи. Исследование проводили в схожих условиях, у всех экспериментальных животных определяли одинаковые показатели, используемые методы измерения позволили точно оценить полученные результаты. На наш взгляд, размер выборки является достаточным для проведения экспериментальной работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка морфологических изменений, а также статистический анализ данных показали,

что наилучшие результаты достигнуты в 3-й экспериментальной группе. В итоге в ходе эксперимента с применением нескольких методов лечения остеохондральных дефектов коленного сустава лучше всего проявил себя комбинированный метод лечения с применением микрофрактуринга и введением плазмы, обогащённой тромбоцитами, через 3 нед после операции, то есть в период купирования послеоперационного гемартроза и регресса воспалительных процессов. Указанное сочетание малоинвазивных, несложных в выполнении и относительно недорогих методик продемонстрировало свою эффективность в отдалённые сроки экспериментального наблюдения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.П. Рассекающий остеохондрит мыщелков бедренной кости у детей и подростков (диагностика и лечение): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2015. Режим доступа: <https://medical-diss.com/docreader/588067/a?#?page=1>. Дата обращения: 10.01.2023.
2. Воротников А.А., Айрапетов Г.А., Васюков В.А., Ягубов В.Г. Современные аспекты лечения болезни Кенига у детей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020. Т. 27, № 3. С. 79–86. doi: 10.17816/vto202027379-86
3. Айрапетов Г.А., Загородний Н.В., Воротников А.А. Экспериментальный метод замещения костно-хрящевых дефектов суставов (ранние результаты) // Медицинский вестник Юга России. 2019. Т. 10, № 2. С. 71–76. doi: 10.21886/2219-8075-2019-10-2-71-76
4. Лазишвили Г.Д., Егиазарян К.А., Ахпашев А.А., и др. Клиническая эффективность применения обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении остеоартроза коленного сустава // Клиническая практика. 2016. Т. 7, № 3. С. 54–60. doi: 10.17816/clinpract7354-60
5. Малюк Б.В., Эйсмонт О.Л., Белецкий А.В., и др. Влияние перфораций субхондральной кости на процессы хондро- и остеорегенерации при рассекающем остеохондрите мыщелков бедра // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. 2014. № 3. С. 38–44.
6. Marx R.E. Platelet-rich plasma: evidence to support its use // J Oral Maxillofac Surg. 2004. Vol. 62, N 4. P. 489–496. doi: 10.1016/j.joms.2003.12.003
7. Оболенский В.Н., Ермолова Д.А. Применение тромбоцитарных факторов роста и коллагеновых биопрепаратов в лечении больных с хроническими трофическими язвами различной этиологии // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2012. № 5. С. 42–47.
8. Мастыков А.Н., Дейкало В.П., Самсонова И.В., Боллобошко К.Б. Эффективность применения обогащенной тромбоцитами плазмы при лечении травматических дефектов хряща суставных поверхностей // Новости хирургии. 2013. Т. 21, № 4. С. 3–9.

## REFERENCES

1. Avakyan AP. *Rassekayushchii osteokhondrit myshchelkov bedrennoi kosti u detei i podrostkov (diagnostika i lechenie)* [dissertation]. Moscow; 2015. Available from: <https://medical-diss.com/docreader/588067/a?#?page=1>. Accessed: 10.01.2023. (In Russ).
2. Vorotnikov AA, Airapetov GA, Vasyukov VA, Yagubov VG. Modern aspects of the treatment of Koenig's disease in children. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(3):79–86. (In Russ). doi: 10.17816/vto202027379-86
3. Airapetov GA, Zagorodniy NV, Vorotnikov AA. Experimental method replacement of the osteo-chondral defects of the large joints (first results). *Medical Herald of the South of Russia*. 2019;10(2):71–76. (In Russ). doi: 10.21886/2219-8075-2019-10-2-71-76
4. Lazishvili GD, Egiazyryan KA, Akhpashev AA, et al. Study of the platelet-rich plasma clinical efficacy in the treatment of knee osteoarthritis. *Journal of Clinical Practice*. 2016;7(3):54–60. (In Russ). doi: 10.17816/clinpract7354-60
5. Maluk BV, Eismont OL, Beletsky AV, et al. Subchondral bone osteoperforation on the processes of chondro- and osteoregeneration in osteochondritis dissecans of the femoral condyles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Medical series*. 2014;(3):38–44. (In Russ).
6. Marx RE. Platelet-rich plasma: evidence to support its use. *J Oral Maxillofac Surg*. 2004;62(4):489–496. doi: 10.1016/j.joms.2003.12.003
7. Obolenskii VN, Ermolova DA. The use of thrombocytic growth factors and collagen-containing substances in treatment of the chronic wounds of various etiology. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2012;(5):42–47. (In Russ).
8. Mastykau AN, Deykalo VP, Samsonova IV, Balaboshka KB. Efficacy of platelet-rich plasma application in treatment of traumatic defects of articular surfaces. *Novosti Khirurgii*. 2013;21(4):3–9. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

\* **Васюков Вячеслав Анатольевич**, ассистент кафедры, врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 355017, Ставрополь, ул. Мира, д. 310;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9862-1726>;  
eLibrary SPIN: 5286-7347; e-mail: vasyukov1234@gmail.com

**Воротников Александр Анатольевич**, д.м.н., профессор кафедры, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-3675>;  
eLibrary SPIN: 4291-8443; e-mail: vorotnikov@mail.ru

**Айрапетов Георгий Александрович**, д.м.н., врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>;  
eLibrary SPIN: 7333-6640; e-mail: airapetovga@yandex.ru

**Чекрыгин Сергей Юрьевич**, ассистент кафедры, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6931-0344>;  
eLibrary SPIN: 2516-9707; e-mail: Evrocheka@yandex.ru

**Боташева Валентина Салиховна**, д.м.н., профессор, врач-патологоанатом;  
eLibrary SPIN: 2047-3762; e-mail: botach@mail.ru

## AUTHORS INFO

\* **Vyacheslav A. Vasyukov**, department assistant, traumatologist-orthopedist;  
address: 310 Mira Str., 355017, Stavropol, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9862-1726>;  
eLibrary SPIN: 5286-7347; e-mail: vasyukov1234@gmail.com

**Alexandr A. Vorotnikov**, MD, Dr. Sci. (Med.), department professor, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-3675>;  
eLibrary SPIN: 4291-8443; e-mail: vorotnikov@mail.ru

**Georgii A. Airapetov**, MD, Dr. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-7772>;  
eLibrary SPIN: 7333-6640; e-mail: airapetovga@yandex.ru

**Sergey Yu. Chekrygin**, department assistant, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6931-0344>;  
eLibrary SPIN: 2516-9707; e-mail: Evrocheka@yandex.ru

**Valentina S. Botasheva**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, pathologist;  
eLibrary SPIN: 2047-3762; e-mail: botach@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

# Ультразвуковая диагностика повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей средней и старшей возрастной группы: проспективное сравнительное исследование

А.И. Дорохин<sup>1</sup>, А.А. Адрианова<sup>1</sup>, С.А. Дроздов<sup>2</sup>, Н.И. Карпович<sup>3</sup>, В.А. Мальчевский<sup>4</sup><sup>1</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Детская городская клиническая больница им. З.А. Башляевой, Москва, Российская Федерация;<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация;<sup>4</sup> Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Диагностика и определение тактики лечения повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей — одна из важных проблем в педиатрической практике. Общепринятые алгоритмы и стандарты обследования, разработанные для взрослых пациентов, не могут быть применены к детям. Связочный аппарат у детей намного более эластичный, а тибιοфибулярное пространство меньше, что существенно затрудняет диагностический поиск.

**Цель.** Создать диагностический алгоритм обследования пациентов средней и старшей возрастной группы с повреждениями области голеностопного сустава.

**Материалы и методы.** Для создания диагностического алгоритма была поставлена задача определить, является ли ультразвукографический стресс-тест наружной ротации стопы, используемый во взрослой практике, актуальным для пациентов с закрывающимися и закрытыми зонами роста. Сформированы 2 открытые когорты пациентов средней и старшей возрастной группы. В 1-ю когорту включены дети с закрывающейся зоной роста дистального отдела большеберцовой кости в возрасте от 11 до 14 лет, во 2-ю — пациенты с закрытой зоной роста возрастом от 15 до 17 лет. Критерием включения послужило отсутствие травм исследуемого голеностопного сустава и соответствие индекса массы тела возрастной норме. В ходе исследования мы оценивали степень эластичности передней большеберцово-малоберцовой связки при помощи ультразвука, используя стресс-тест наружной ротации стопы.

**Результаты.** Установлено, что вариабельность межберцового пространства при выполнении стресс-теста наружной ротации стопы у детей с закрывающейся зоной роста составляет в среднем 3,035 мм, а у детей с закрытой зоной роста — 2,319 мм. Полученные данные свидетельствуют о высокой степени эластичности передней большеберцово-малоберцовой связки в отличие от взрослых пациентов, где эта структура более ригидна. При наличии болевого синдрома у ребёнка активное мышечное сопротивление делает пробу внутренней ротации малоэффективной, а избыточная эластичность структуры в области здорового сустава не даёт правильного сравнительного результата для оператора.

**Заключение.** Использование пробы с внутренней ротацией для диагностики повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей с закрывающимися и закрытыми зонами роста ограничено, и оператору необходимо полагаться на другие эхо-признаки повреждения этой структуры.

**Ключевые слова:** дети; травма; голеностопный сустав; дистальный межберцовый синдесмоз; ультразвукография.

## Как цитировать:

Дорохин А.И., Адрианова А.А., Дроздов С.А., Карпович Н.И., Мальчевский В.А. Ультразвуковая диагностика повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей средней и старшей возрастных групп: проспективное сравнительное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 259–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

doi: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

# Features of ultrasound diagnostic syndesmotic ankle injuries in middle and older children: prospective comparative study

Alexandr I. Dorokhin<sup>1</sup>, Anastasia A. Adrianova<sup>1</sup>, Sergey A. Drozdov<sup>2</sup>, Nikolai I. Karpovich<sup>3</sup>, Vladimir A. Malchevskii<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Bashlyaeva Children's City Hospital, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Diagnostics and treatment of syndesmotic ankle injuries in children is one of the important problems in pediatrics. The generally accepted examination algorithms and standards developed for adult patients do not apply to children. The ligamentous apparatus in children is much more elastic, and the tibiofibular space is smaller, which significantly complicates the diagnostic search.

**OBJECTIVE:** This study aimed to create a diagnostic algorithm for examining middle and older children with ankle joint injuries.

**MATERIALS AND METHODS:** To create a diagnostic algorithm, whether the ultrasonographic stress test of external foot rotation in adult practice is relevant for patients with closed growth zones was investigated. Two open cohorts of middle and older children were formed. The first cohort included children aged 11–14 years with a closed growth zone of the distal tibia, and the second cohort included children aged 15–17 years with a closed growth zone. The inclusion criteria were the absence of injuries of the studied ankle joint and the correspondence of the body mass index to the age norm.

**RESULTS:** The variability of the tibiofibular space during the stress test of external foot rotation in children with a closing growth zone averages 3.035 mm and in children with a closed growth zone was 2.319 mm. Data indicate a high degree of elasticity of the anterior tibial–peroneal ligament in children in contrast to adults in whom this structure is more rigid. In children experiencing pain, active muscle resistance makes the test of internal rotation ineffective, and excessive elasticity of the structure in the area of a healthy joint does not give a correct comparative result for the operator.

**CONCLUSION:** The use of a test with internal rotation for diagnosing damage to the distal tibiofibular syndesmosis in children with closing and closed growth zones is limited, and the operator must rely on other ultrasound signs of damage to this structure.

**Keywords:** children; trauma; ankle joint; distal tibiofibular syndesmosis; ultrasonography.

## To cite this article:

Dorokhin AI, Adrianova AA, Drozdov SA, Karpovich NI, Malchevskii VA. Features of ultrasound diagnostic syndesmotic ankle injuries in middle and older children: prospective comparative study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):259–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

## ОБОСНОВАНИЕ

Вопрос диагностики и лечения повреждений области голеностопного сустава у детей остаётся открытым ввиду незрелости анатомических структур и наличия связочно-сумочного аппарата, стабилизирующего голеностопный сустав [1, 2]. По данным американского регистра, переломы области голеностопного сустава в структуре переломов различной локализации у детей встречаются с частотой до 15% [3]. Официальные статистические данные по этой локализации в Российской Федерации отсутствуют. Однако, согласно отчётам травматологического отделения Детской городской клинической больницы им. З.А. Башляевой (Москва) за 2020–2021 гг., переломы этой области встречаются в 52% случаев в структуре всех переломов костей голени у детей. Переломы нередко сопровождаются повреждением капсулы сустава и связочного аппарата, среди которых до 1% приходится на повреждения дистального межберцового синдесмоза [4]. Дистальный межберцовый синдесмоз представлен передней большеберцово-малоберцовой связкой, соединяющей бугорок Chaput большеберцовой кости и бугорок Wagstaffe малоберцовой кости, а также ассоциирован с задней большеберцово-малоберцовой связкой, соединяющей бугорок Volkman и наружную лодыжку [5]. Поскольку связочный аппарат у детей более эластичен по сравнению со взрослыми пациентами, в педиатрической практике преимущественно встречается не разрыв межберцового синдесмоза, а перелом авульсионного характера с отрывом бугорков Chaput или Wagstaffe [5, 6]. У детей с закрывающейся зоной роста наиболее типичным авульсионным переломом оказывается перелом Tillaux–Chaput, возникающий в результате супинационно-инверсионного механизма травмы [7]. Однако повреждения и разрывы межберцового синдесмоза у детей с закрывающейся и закрытой зоной роста чаще возникают при наличии чрез- и надсиндесмозного перелома малоберцовой кости в результате пронации и наружной ротации стопы [8–10].

Сбор анамнеза, клинический осмотр, а также использование лучевых и сонографических методов исследования позволяют поставить правильный диагноз и определить оптимальную тактику лечения [11]. Однако в связи с процессами физиологического закрытия зон роста, латерализации и наружной ротации латеральной лодыжки межберцовое расстояние на рентгенограммах в синдесмозной проекции оказывается в видимых пределах нормы, и повреждения или разрывы дистального межберцового синдесмоза остаются недиагностированными [12]. Кроме того, связочный аппарат у детей более эластичный, и в результате одного и того же механизма травмы, морфологические составляющие повреждения у ребёнка не соответствуют тяжести повреждений, встречающихся во взрослой практике [13]. Таким образом, применяемые у взрослых пациентов диагностические алгоритмы и тактика лечения повреждений дистального межберцового синдесмоза не могут быть

в полной мере использованы в педиатрической практике, так как анатомически у детей не закончено формирование костных и мягкотканых структур.

Не диагностированный вовремя разрыв дистального межберцового синдесмоза, неправильно выбранная тактика лечения могут привести к его неполному восстановлению и появлению нестабильности в голеностопном суставе. Нестабильность в голеностопном суставе является одной из причин развития хронического болевого синдрома, снижения физической активности и, в конечном итоге, формирования посттравматического артроза, который возникает при повреждениях связочного аппарата в 16% случаев [14, 15].

**Цель исследования** — создать диагностический алгоритм обследования пациентов средней и старшей возрастной группы с повреждениями области голеностопного сустава.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено проспективное сравнительное исследование.

### Условия проведения

Исследование выполнено на базе Детской городской клинической больницы им. З.А. Башляевой (Москва) с сентября по декабрь 2021 года.

### Критерии соответствия

*Критерии включения:*

- возраст пациентов в 1-когорте от 11 до 14 лет, во 2- — от 15 до 17 лет;
- наличие закрытой или закрывающейся зоны роста для каждой из исследуемых когорт;
- отсутствие травм изучаемого голеностопного сустава в анамнезе;
- соответствие индекса массы тела ребёнка возрастной норме.

*Критерии исключения:*

- наличие системных заболеваний опорно-двигательного аппарата;
- сопутствующие ортопедические патологии, связанные с диспластическим синдромом.

### Тестируемые диагностические методы

Для создания диагностического алгоритма была разработана морфофункциональная классификация повреждений области голеностопного сустава. Учтён механизм травмы и морфологические характеристики переломов у детей с закрытыми и закрывающимися зонами роста. Наиболее тяжёлым повреждением у детей с закрывающейся зоной роста является внутрисуставной нестабильный трёхплоскостной перелом большеберцовой кости в сочетании с надсиндесмозным переломом малоберцовой кости, полученным в результате пронационно-эверсионного

механизма. При таком типе перелома с учётом разработанной нами классификации мы чаще всего наблюдали повреждения дистального межберцового синдесмоза. У детей с закрытой зоной роста разрыв дистального межберцового синдесмоза встречался в случае с переломами медиальной лодыжки, заднего края большеберцовой кости и диафизарным переломом малоберцовой кости.

Разработанная нами рабочая классификация повреждений области голеностопного сустава у детей средней и старшей возрастной группы учитывает механизм травмы и тяжесть повреждения, а также морфологические особенности переломов, позволяя определить диагностический алгоритм и тактику лечения. В процессе создания диагностического алгоритма в качестве одного из способов дополнительного обследования была выбрана ультразвуковая (УЗ) диагностика, которая считается методом выбора, поскольку повреждённые мягкотканые структуры находятся поверхностно. Кроме того, сонографические методы исследования не требуют дополнительной подготовки и транспортировки пациента, являются безопасными и высокоэффективными [16, 17].

Основная проблема в диагностике повреждений связочно-сумочного аппарата области голеностопного сустава — определение критерия полного или частично повреждения дистального межберцового синдесмоза, поскольку из-за анатомических особенностей голеностопного сустава ребёнка многие параметры, в частности наличие зоны роста, степень эластичности связочного аппарата, положение наружной лодыжки относительно эпифиза большеберцовой кости, не соответствуют такому у взрослых пациентов [4].

Нами была поставлена задача определить возрастную норму степени эластичности передней большеберцовой-малоберцовой связки у детей с закрывающейся и с закрытой зоной роста. Для этого был выбран один из основных критериев эластичности передней большеберцовой-малоберцовой связки по данным УЗ-диагностики — изменение межберцового расстояния при выполнении стресс-теста наружной ротации стопы [18].

### Анализ в подгруппах

В 1-ю когорту пациентов вошли дети с закрывающимися зонами роста в возрасте от 11 до 14 лет. Поскольку процесс физиологического закрытия зоны роста дистального отдела костей голени у детей разных полов происходит в разные возрастные промежутки, среди пациентов в возрасте 14 лет с закрывающимися зонами роста девочек не было, пациенток в возрасте 13 лет было 4 человека. Во 2-ю когорту вошли дети в возрасте от 15 до 17 лет с закрытыми зонами роста.

### Регистрация результатов применения диагностических тестов

Диагностические тесты проводили с использованием ультразвукового оборудования Toshiba

Arlio 500 (Япония), выбран линейный датчик с частотой 13 МГц.

### Описание методики проведения ультрасонографического исследования голеностопного сустава с использованием теста наружной ротации стопы

Пациент находится на кушетке в положении лёжа на спине, коленный сустав исследуемой конечности согнут до 90°, подошвенная поверхность стопы касается кушетки, стопа плотно фиксирована. Датчик расположен вдоль оси передней большеберцовой-малоберцовой связки в проекции межберцового промежутка по переднелатеральной поверхности на 1 см выше уровня голеностопного сустава. После измерения межберцового расстояния в покое пациент выполняет тыльное сгибание в голеностопном суставе, не отрывая пяточного бугра от поверхности кушетки, и максимально ротует стопу наружу, оператор, поддерживая необходимое положение стопы и не меняя положения датчика, фиксирует ультрасонографическое изображение. Положение маркёров должно быть симметричным. После выполнения измерений в 2 положениях рассчитывают разницу между полученными величинами. Искомая разница отражает степень эластичности передней большеберцовой-малоберцовой связки в разных возрастных группах.

### Этическая экспертиза

Проведение исследования одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (протокол № 06/19 от 16.12.2019).

### Статистический анализ

Результаты исследования статистически обработаны с применением пакета прикладных программ Statistica v. 7.0 (StatSoft Inc., США). Оценку нормальности распределения выборки проводили при помощи критерия Шапиро–Уилка, рассчитаны нормальные и относительные показатели вариации. Для оценки различий между двумя выборками использован тест Манна–Уитни–Вилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

Для выполнения поставленной задачи нами были сформированы 2 открытые когорты пациентов с закрытыми и закрывающимися зонами роста. Общее число пациентов в каждой из когорт — 30 человек. В 1-ю когорту вошли 19 мальчиков и 11 девочек в возрасте от 11 до 14 (средний возраст 12 лет), во 2-ю были включены 15 девочек и 15 мальчиков в возрасте от 15 до 17 (средний возраст 16). Всего в исследовании приняли участие 60 человек.

## Основные результаты исследования

Среднее значение величин, отражающих степень эластичности передней большеберцово-малоберцовой связки в 1-й когорте больных, составило 3,035 мм. Этот показатель у детей с закрытыми зонами роста оказался равен 2,319 мм. Распределение величин в обеих когортах было нормальным, полученные данные однородны, имеют малую вариацию. Критерий Манна–Уитни–Вилкоксона находился в зоне значимости, что свидетельствует о значительной разнице в эластичности передней большеберцово-таранной связки у детей с закрытой и закрывающейся зоной роста (табл. 1).

## Клиническое наблюдение

Пациентка А.А., 13 лет, диагноз: «Закрытый эпифизарный перелом переднего бугорка правой большеберцовой кости со смещением. Разрыв дистального межберцового синдесмоза». Ребёнок поступил в отделение спустя 3 нед с момента травмы с жалобами на боль при ходьбе и чувство нестабильности в правом голеностопном суставе. Травма получена в результате непрямого супинационно-инверсионного механизма. Первоначально пациентке поставлен диагноз: «Дисторсия связочного аппарата правого голеностопного сустава», рекомендована иммобилизация на 2 нед полужёстким ортезом. Клинически наблюдали пастозность в области правого голеностопного сустава, локальную болезненность при пальпации. Для определения повреждения межберцового синдесмоза использовали клинические тесты: тест сжатия и тест внутренней ротации стопы. Оба теста оказались положительными. Пациентке было выполнено рентгенологическое исследование в прямой и боковой проекции (рис. 1). Для уточнения наличия повреждения межберцового синдесмоза дополнительно сделаны рентгенологические снимки в синдесмозной



Рис. 1 (а, б). Рентгенограммы пациентки А.А. в прямой и боковой проекции. Перелом переднего бугорка правой большеберцовой кости со смещением.

Fig. 1 (a, b). X-ray of the patient AA in frontal and lateral side. Epiphyseal fracture of the anterior tubercle of the right tibia with displacement.

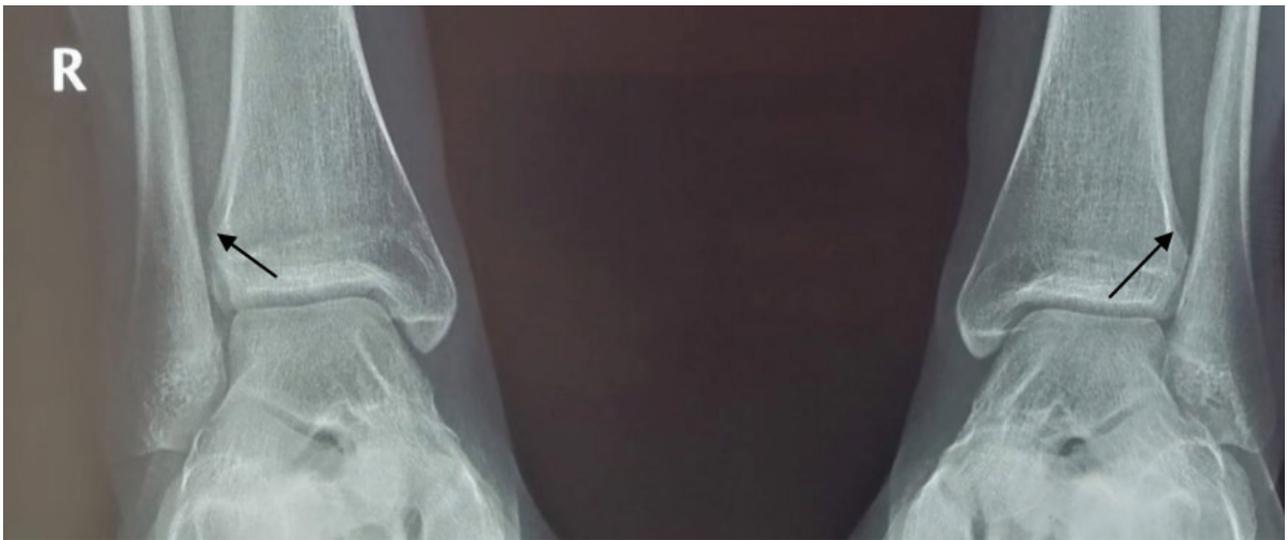
Таблица 1. Результаты исследования (межберцовое расстояние в мм каждого пациента и статистическая обработка полученных данных)

Table 1. Study results (tibial distance in mm for each patient and statistical processing)

	Пациенты средней возрастной группы, $n=30$ ( $\Sigma - n$ ) <sup>2</sup>	Пациенты старшей возрастной группы, $n=30$ ( $\Sigma - n$ ) <sup>2</sup>
1	3,12 (0,0071)	2,29 (0,0008)
2	2,91 (0,0156)	2,34 (0,0004)
3	3,04 (0,0000)	2,37 (0,0026)
4	2,89 (0,0210)	2,39 (0,0005)
5	3,11 (0,0056)	2,29 (0,0008)
6	3,05 (0,0002)	2,35 (0,0010)
7	2,96 (0,0056)	2,30 (0,0004)
8	2,98 (0,0030)	2,36 (0,0017)
9	3,21 (0,0306)	2,31 (0,0001)
10	3,14 (0,0110)	2,33 (0,0001)
11	2,98 (0,0030)	2,35 (0,0010)
12	3,01 (0,0006)	2,37 (0,0026)
13	2,95 (0,0072)	2,31 (0,0001)
14	3,15 (0,0132)	2,26 (0,0035)
15	3,11 (0,0056)	2,34 (0,0004)
16	3,02 (0,0002)	2,29 (0,0008)
17	3,08 (0,0020)	2,28 (0,0015)
18	2,94 (0,0090)	2,29 (0,0008)
19	3,18 (0,0210)	2,30 (0,0004)
20	3,12 (0,0072)	2,27 (0,0024)
21	3,02 (0,0002)	2,29 (0,0008)
22	2,89 (0,0210)	2,27 (0,0024)
23	2,94 (0,0090)	2,31 (0,0001)
24	3,05 (0,0002)	2,38 (0,0037)
25	3,11 (0,0056)	2,33 (0,0001)
26	3,01 (0,0006)	2,30 (0,0004)
27	2,99 (0,0020)	2,37 (0,0026)
28	3,00 (0,0012)	2,29 (0,0008)
29	3,18 (0,0210)	2,28 (0,0015)
30	2,91 (0,0156)	2,36 (0,0017)
$\Sigma$	3,0350	2,3190
$W$ ( $p=0,05$ )	0,9270	0,9240
$\sigma$ ( $p=0,05$ )	0,0905	0,0368
$U$ ( $p \leq 0,05$ )	338	338

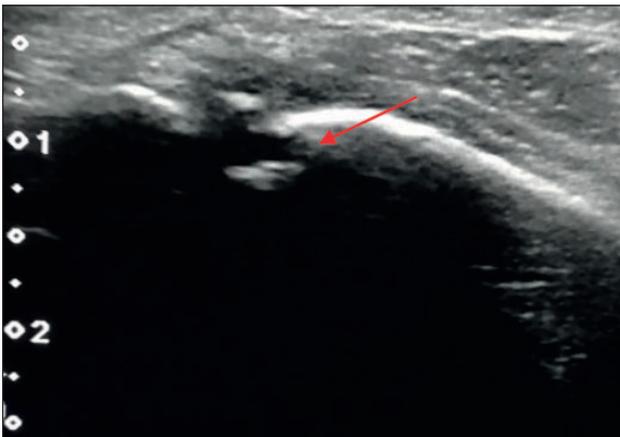
Примечание.  $W$  — критерий Шапиро–Уилка,  $\Sigma$  — среднее арифметическое значение,  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение,  $U$  — критерий Манна–Уитни–Вилкоксона;  $(\Sigma - n)^2$  — среднеквадратическое отклонение.

Note.  $W$  — Shapiro–Wilk test,  $\Sigma$  — the arithmetic mean,  $\sigma$  — deviation,  $U$  — Mann–Whitney–Wilcoxon test;  $(\Sigma - n)^2$  — standard deviation.



**Рис. 2.** Рентгенограммы пациентки А.А. в синдесмозной проекции под нагрузкой по сравнению со здоровым суставом. Увеличение межберцового расстояние справа.

**Fig. 2.** X-ray of the patient AA in syndesmosis side underweight compared to a healthy joint. Increased tibiofibular distance to the right.



**Рис. 3.** Ультразвуковое исследование дистального межберцового синдесмоза пациентки А.А. Костный фрагмент и признаки разрыва связки.

**Fig. 3.** Ultrasound examination of distal tibiofibularis ligaments. Bone fragment and signs of ligament rupture.

проекции в сравнении со здоровым суставом под нагрузкой (рис. 2). В связи с тем, что клинически и рентгенологически обнаружили признаки повреждения межберцового синдесмоза, для уточнения характера повреждения использовали метод УЗ-диагностики. Обнаружены свободный костный фрагмент в проекции межберцового промежутка и наличие анэхогенных включений в области вплетения связки, что служит достоверным признаком разрыва. Поскольку были найдены достоверные признаки разрыва, и имелся выраженный болевой синдром, проба с наружной ротацией стопы не проводилась (рис. 3).

Для уточнения величины и степени смещения свободного костного фрагмента выполнена компьютерная томография (рис. 4). Свободный костный фрагмент оказался бугорком переднего края большеберцовой кости, в связи с его небольшими размерами было принято решение произвести малоинвазивную межберцовую фиксацию



**Рис. 4 (a, b).** Компьютерная томография голеностопного сустава пациентки А.А. Свободный костный фрагмент, увеличение межберцового расстояния справа.

**Fig. 4 (a, b).** Computer tomography of the ankle joint of patient AA. Bone fragment and Increased tibiofibular distance to the right.



Рис. 5 (a, b). Рентгенограммы голеностопного сустава пациентки А.А. после лечения.

Fig. 5 (a, b). Ankle joint X-rays of patient AA after treatment.

синдесмозной системой. Через 4 нед функция конечности полностью восстановилась (рис. 5).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

По итогам статистического анализа результатов измерений установлено, что использование пробы с внутренней ротацией для диагностики повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей с закрывающимися и закрытыми зонами роста ограничено, и оператору необходимо полагаться на другие эхо-признаки повреждения этой структуры.

### Обсуждение основного результата исследования

Для верификации наличия повреждения дистального межберцового синдесмоза необходимо собрать анамнез, уточнив, в результате какого механизма была получена травма, выполнить необходимые диагностические тесты и рентгенологическое исследование. Однако до 20% повреждений дистального межберцового синдесмоза могут быть пропущены из-за стёртой клинической картины, так как выполнение клинических тестов происходит в покое, а боль и нестабильность в голеностопном суставе могут беспокоить только при нагрузке [19]. Рентгенологическое исследование служит первым этапом в диагностике синдесмотических повреждений, но, в отличие от взрослых пациентов, у детей свободное тибιοфибулярное пространство меньше, имеется зона роста, не закончено полное формирование наружной лодыжки, что затрудняет диагностический поиск [20]. Магнитно-резонансная томография (МРТ) служит методом выбора у взрослых пациентов, у детей же она имеет ограниченную эффективность в связи с необходимостью длительного сохранения

неподвижного состояния, трудностью транспортировки и невозможностью применения в качестве скринингового теста. УЗ-диагностика лишена таких недостатков и, в отличие от МРТ, позволяет выполнить стресс-тесты в режиме реального времени для дополнительной верификации степени повреждения [21]. Кроме того, по данным P. Milz и соавт., по сравнению с МРТ метод УЗ-диагностики при верификации повреждения передней большеберцовой-малоберцовой связки имеет чувствительность 66%, специфичность 91%, прогностическую ценность положительного результата 86%, что свидетельствует о высокой его эффективности [22].

Несмотря на высокую эффективность и простоту использования сонографии в исследованиях поверхностных структур голеностопного сустава, методика исследования, используемая во взрослой практике, может оказаться неэффективной по отношению к детям. Так, например, у взрослых пациентов при выполнении диагностического стресс-теста наружной ротации стопы тибιοфибулярное пространство остаётся ригидным и составляет в среднем 0,3 мм [23]. У детей такая структура намного более эластична, что затрудняет постановку диагноза.

### Ограничения исследования

На конечный результат исследования могли повлиять обстоятельства, связанные с ограниченным числом пациентов в выбранных когортах, точностью измерений в связи с погрешностью частоты УЗ-датчика, а также наличием нескольких операторов, проводивших исследование по представленной методике.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании диагностического алгоритма обследования детей средней и старшей возрастной группы

с травмами области голеностопного сустава необходимо учитывать наличие комплексного повреждения, включающее повреждение не только костных, но и мягкотканых структур. Дистальный межберцовый синдесмоз является одной из самых уязвимых структур области голеностопного сустава, требующей отдельного подхода в лечении. Диагностика повреждения и разрыва дистального межберцового синдесмоза в детском возрасте имеет свои особенности ввиду общей незрелости скелета, и данных клинического и рентгенологического исследования для определения тактики лечения зачастую оказывается недостаточно. Метод УЗ-диагностики неинвазивен, не несёт лучевой нагрузки и может быть использован как способ скрининга при большом потоке пациентов, а его эффективность сравнима с таковой МРТ. Однако в связи с анатомо-физиологическими особенностями детского организма протокол УЗИ не может быть идентичным протоколу для взрослых пациентов. Так, в результате нашего исследования установлена высокая мобильность межберцового пространства при выполнении стресс-теста внутренней ротации стопы у детей средней и старшей возрастной группы в отличие от взрослых пациентов. При наличии повреждения в области голеностопного сустава возникает выраженный болевой синдром, что приводит к рефлекторному повышению мышечного тонуса. Активное мышечное сопротивление делает пробу внутренней ротации малоэффективной, а избыточная эластичность структуры в области здорового сустава не даёт правильного сравнительного результата для оператора. Таким образом, использование пробы с внутренней ротацией

для диагностики повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей с закрывающимися и закрытыми зонами роста ограничено, и оператору необходимо полагаться на другие эхо-признаки повреждения этой структуры.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Rammelt S., Godoy-Santos A.L., Schneiders W., et al. Foot and ankle fractures during childhood: review of the literature and scientific evidence for appropriate treatment // *Rev Bras Ortop.* 2016. Vol. 51, N 6. P. 630–639. doi: 10.1016/j.rboe.2016.09.001
- Стужина В.Т., Савиных Т.О. Особенности клиники и диагностики капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава у детей и подростков // *Детская хирургия.* 2013. № 3. С. 49–53.
- Su A.W., Larson A.N. Pediatric Ankle Fractures: Concepts and Treatment Principles // *Foot Ankle Clin.* 2015. Vol. 20, N 4. P. 705–719. doi: 10.1016/j.fcl.2015.07.004
- Kramer D.E., Cleary M.X., Miller P.E., et al. Syndesmosis injuries in the pediatric and adolescent athlete // *J Child Orthop.* 2017. Vol. 11, N 1. P. 57–63. doi: 10.1302/1863-2548.11.160180
- Franz P., Luderowski E., Tuca M. Tibial tubercle avulsion fractures in children // *Curr Opin Pediatr.* 2020. Vol. 32, N 1. P. 86–92. doi: 10.1097/MOP.0000000000000870
- Ali Al-Ashhab M.E., Mahmoud Mohamed A.A. Treatment for displaced Tillaux fractures in adolescent age group // *Foot Ankle Surg.* 2020. Vol. 26, N 3. P. 295–298. doi: 10.1016/j.fas.2019.04.001
- Yuan Q., Guo Z., Wang X., et al. Concurrent ipsilateral Tillaux fracture and medial malleolar fracture in adolescents: management and outcome // *J Orthop Surg Res.* 2020. Vol. 15, N 1. P. 423. doi: 10.1186/s13018-020-01961-7
- Birch J.G., Herring J.A., Wenger D.R. Surgical anatomy of selected physes // *J Pediatr Orthop.* 1984. Vol. 4, N 2. P. 224–231. doi: 10.1097/01241398-198403000-00011
- Pakarinen H. Stability-based classification for ankle fracture management and the syndesmosis injury in ankle fractures due to a supination external rotation mechanism of injury // *Acta Orthop Suppl.* 2012. Vol. 83, N 347. P. 1–26. doi: 10.3109/17453674.2012.745657
- Дорохин А.И., Адрианова А.А., Худик В.И., и др. Особенности лечения детей с переломами дистального метаэпифиза костей голени: клинические наблюдения // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2020. Т. 10, № 4. С. 453–460. doi: 10.17816/psaic71
- Дорохин А.И., Крупаткин А.И., Адрианова А.А., и др. Закрытые переломы дистального отдела костей голени. Разнообразие форм и лечения (на примере старших возрастных групп). Ближайшие результаты // *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация.* 2021. Т. 3, № 1. С. 11–23. doi: 10.36425/rehab63615

12. Nault M., Hébert-Davies J., Yen Y., et al. Variation of Syndesmosis Anatomy With Growth // *J Pediatr Orthop*. 2016. Vol. 36, N 4. P. e41–e44. doi: 10.1097/BPO.0000000000000566
13. Швед С.И., Насыров М.З. Лечение больных с остеоэпифизеолизми дистального отдела голени методом чрезкостного остеосинтеза. Курган, 2012.
14. Santos A.L.G., Demange M.K., Prado M.P., et al. Cartilage lesions and ankle osteoarthritis: review of the literature and treatment algorithm // *Rev Bras Ortop*. 2014. Vol. 49, N 6. P. 565–572. doi: 10.1016/j.rboe.2014.11.003
15. Wasik J., Stoltny T., Leksowska-Pawliczek M. Ankle Osteoarthritis — Arthroplasty or Arthrodesis? // *Ortop Traumatol Rehabil*. 2018. Vol. 20, N 5. P. 361–370. doi: 10.5604/01.3001.0012.7282
16. Сапожникова Н.И. Возрастные изменения эхографической картины костей, суставов у детей // *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*. 2016. Т. 26, № 4. С. 57–60.
17. Takakura Y., Yamaguchi S., Akagi R., et al. Diagnosis of avulsion fractures of the distal fibula after lateral ankle sprain in children: a diagnostic accuracy study comparing ultrasonography with radiography // *BMC Musculoskelet Disord*. 2020. Vol. 21, N 1. P. 276. doi: 10.1186/s12891-020-03287-1
18. Mei-Dan O., Kots E., Barchilon V., et al. A dynamic ultrasound examination for the diagnosis of ankle syndesmotric injury in professional athletes: a preliminary study // *Am J Sports Med*. 2009. Vol. 37, N 5. P. 1009–1016. doi: 10.1177/0363546508331202
19. Shore B.J., Kramer D.E. Management of Syndesmotric Ankle Injuries in Children and Adolescents // *J Pediatr Orthop*. 2016. Vol. 36, Suppl. 1. P. S11–S114. doi: 10.1097/BPO.0000000000000767
20. Lurie B.M., Bomar J.D., Edmonds E.W., et al. Functional Outcomes of Unstable Ankle Fractures in Adolescents // *J Pediatr Orthop*. 2020. Vol. 40, N 7. P. e572–e578. doi: 10.1097/BPO.0000000000001481
21. Kellett J.J., Lovell G.A., Eriksen D.A., Sampson M.J. Diagnostic imaging of ankle syndesmosis injuries: A general review // *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2018. Vol. 62, N 2. P. 159–168. doi: 10.1111/1754-9485.12708
22. Milz P., Milz S., Steinborn M., et al. Lateral ankle ligaments and tibiofibular syndesmosis. 13-MHz high-frequency sonography and MRI compared in 20 patients // *Acta Orthop Scand*. 1998. Vol. 69, N 1. P. 51–55. doi: 10.3109/17453679809002357
23. Mei-Dan O., Carmont M., Laver L., et al. Standardization of the functional syndesmosis widening by dynamic US examination // *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2013. N 5. P. 9. doi: 10.1186/2052-1847-5-9

## REFERENCES

1. Rammelt S, Godoy-Santos AL, Schneiders W, et al. Foot and ankle fractures during childhood: review of the literature and scientific evidence for appropriate treatment. *Rev Bras Ortop*. 2016;51(6):630–639. doi: 10.1016/j.rboe.2016.09.001
2. Stuzhina VT, Savinykh TO. Anatomical and functional characteristics of capsular and ligaments of ankle joint in children and adolescents, clinical, diagnostic damages. *Detskaya khirurgiya*. 2002;3:49–53. (In Russ).
3. Su AW, Larson AN. Pediatric Ankle Fractures: Concepts and Treatment Principles. *Foot Ankle Clin*. 2015;20(4):705–719. doi: 10.1016/j.fcl.2015.07.004
4. Kramer DE, Cleary MX, Miller PE, et al. Syndesmosis injuries in the pediatric and adolescent athlete. *J Child Orthop*. 2017;11(1):57–63. doi: 10.1302/1863-2548.11.160180
5. Franz P, Luderowski E, Tuca M. Tibial tubercle avulsion fractures in children. *Curr Opin Pediatr*. 2020;32(1):86–92. doi: 10.1097/MOP.0000000000000870
6. Ali Al-Ashhab ME, Mahmoud Mohamed AA. Treatment for displaced Tillaux fractures in adolescent age group. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(3):295–298. doi: 10.1016/j.fas.2019.04.001
7. Yuan Q, Guo Z, Wang X, et al. Concurrent ipsilateral Tillaux fracture and medial malleolar fracture in adolescents: management and outcome. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):423. doi: 10.1186/s13018-020-01961-7
8. Birch JG, Herring JA, Wenger DR. Surgical anatomy of selected physes. *J Pediatr Orthop*. 1984;4(2):224–231. doi: 10.1097/01241398-198403000-00011
9. Pakarinen H. Stability-based classification for ankle fracture management and the syndesmosis injury in ankle fractures due to a supination external rotation mechanism of injury. *Acta Orthop Suppl*. 2012;83(347):1–26. doi: 10.3109/17453674.2012.745657
10. Dorokhin AI, Adrianova AA, Khudik VI, et al. Features of treatment in children with fractures of the distal metaphysis of the shin bones: cases report. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2020;10(4):453–460. (In Russ). doi: 10.17816/psaic717
11. Dorokhin AI, Krupatkin AI, Adrianova AA, et al. Closed Fractures of the Distal Part of the Shin Bones. Different Types and Methods of the Treatment in Adolescence. Short Period Results. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2021;3(1):11–23. doi: 10.36425/rehab63615
12. Nault M, Hébert-Davies J, Yen Y, et al. Variation of Syndesmosis Anatomy With Growth. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(4):e41–e44. doi: 10.1097/BPO.0000000000000566
13. Shved SI, Nasyrov MZ. *Lechenie bol'nykh s osteoepifizeolizami distal'nogo otdela goleni metodom chrezkocnoogo osteosinteza*. Kurgan; 2012. (In Russ).
14. Santos ALG, Demange MK, Prado MP, et al. Cartilage lesions and ankle osteoarthritis: review of the literature and treatment algorithm. *Rev Bras Ortop*. 2014;49(6):565–572. doi: 10.1016/j.rboe.2014.11.003
15. Wasik J, Stoltny T, Leksowska-Pawliczek M. Ankle Osteoarthritis — Arthroplasty or Arthrodesis? *Ortop Traumatol Rehabil*. 2018;20(5):361–370. doi: 10.5604/01.3001.0012.7282
16. Sapozhnikova NI. Age changes of an ultrasound picture of bones and joints at children. *Modern Science: Actual Problems and Ways to Solve Them*. 2016;26(4):57–60. (In Russ).
17. Takakura Y, Yamaguchi S, Akagi R, et al. Diagnosis of avulsion fractures of the distal fibula after lateral ankle sprain in children: a diagnostic accuracy study comparing ultrasonography with radiography. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):276. doi: 10.1186/s12891-020-03287-1

**18.** Mei-Dan O, Kots E, Barchilon V, et al. A dynamic ultrasound examination for the diagnosis of ankle syndesmotic injury in professional athletes: a preliminary study. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):1009–1016. doi: 10.1177/0363546508331202

**19.** Shore BJ, Kramer DE. Management of Syndesmotic Ankle Injuries in Children and Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(Suppl 1):S11–S114. doi: 10.1097/BPO.0000000000000767

**20.** Lurie BM, Bomar JD, Edmonds EW, et al. Functional Outcomes of Unstable Ankle Fractures in Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(7):e572–e578. doi: 10.1097/BPO.0000000000001481

**21.** Kellett JJ, Lovell GA, Eriksen DA, Sampson MJ. Diagnostic imaging of ankle syndesmosis injuries: A general review. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018;62(2):159–168. doi: 10.1111/1754-9485.12708

**22.** Milz P, Milz S, Steinborn M, et al. Lateral ankle ligaments and tibiofibular syndesmosis. 13-MHz high-frequency sonography and MRI compared in 20 patients. *Acta Orthop Scand.* 1998;69(1):51–55. doi: 10.3109/17453679809002357

**23.** Mei-Dan O, Carmont M, Laver L, et al. Standardization of the functional syndesmosis widening by dynamic U.S examination. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2013;5:9. doi: 10.1186/2052-1847-5-9

## ОБ АВТОРАХ

**Дорохин Александр Иванович**, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3263-0755>;

eLibrary SPIN: 1306-1729; e-mail: a.i.dorokhin@mail.ru

\* **Адрианова Анастасия Александровна**, аспирант,

врач травматолог-ортопед, врач ультразвуковой диагностики;

адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4675-4313>;

e-mail: nastyaloseva@yandex.ru

**Дроздов Сергей Алексеевич**,

врач ультразвуковой диагностики;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4830-2927>;

e-mail: Drozdoff-77@mail.ru

**Карпович Николай Иванович**, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5656-1005>;

eLibrary SPIN: 4516-5567; e-mail: galen7@yandex.ru

**Мальчевский Владимир Алексеевич**, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-2899>;

eLibrary SPIN: 2918-1807; e-mail: malchevski@mail.ru

## AUTHORS INFO

**Alexandr I. Dorokhin**, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3263-0755>;

eLibrary SPIN: 1306-1729; e-mail: a.i.dorokhin@mail.ru

\* **Anastasia A. Adrianova**, graduate student,

traumatologist-orthopedist, ultrasound diagnostic;

address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4675-4313>;

e-mail: nastyaloseva@yandex.ru

**Sergey A. Drozdov**,

ultrasound diagnostic;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4830-2927>;

e-mail: Drozdoff-77@mail.ru

**Nikolai I. Karpovich**, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5656-1005>;

eLibrary SPIN: 4516-5567; e-mail: galen7@yandex.ru

**Vladimir A. Malchevskii**, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-2899>;

eLibrary SPIN: 2918-1807; e-mail: malchevski@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto111559>

# Мультиспиральная компьютерная томография в комплексной оценке деформаций длинных трубчатых костей нижних конечностей: проспективное когортное исследование

А.Б. Багиров<sup>1-3</sup>, П.Н. Суварлы<sup>1,2</sup>, Е.В. Огарёв<sup>1</sup>, А.Г. Ельцин<sup>1</sup>, Д.С. Мининков<sup>1</sup>, А.Н. Тагизаде<sup>4</sup><sup>1</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> ООО «Клиника научной медицины», Москва, Российская Федерация;<sup>3</sup> Московский авиационный институт, Москва, Российская Федерация;<sup>4</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Общеизвестно, что прогресс в науке обусловлен совершенствованием методов исследования. Наблюдаемое в последние 2 десятилетия бурное развитие различных методов лучевой диагностики открыло перед клинической медициной принципиально новые возможности, сделав доступными для исследования практически все органы и тканевые структуры человеческого тела. Использование более современных методов лучевой диагностики (в частности, мультиспиральной компьютерной томографии, МСКТ) позволяет более детально оценивать характер деформаций нижних конечностей и совершенствовать методики оперативного лечения, определяющие индивидуальную коррекцию формы деформированной кости.

**Цель.** Произвести комплексную оценку деформаций длинных костей нижних конечностей при помощи МСКТ.

**Материалы и методы.** Как основной этап лечения больных с деформациями длинных костей нижних конечностей, оперативное вмешательство не может быть качественно реализовано без детальной визуализации формы бедренной и большеберцовой кости, когда необходимо учесть все элементы деформации. Угловые деформации длинных трубчатых костей обычно оценивают по обзорным рентгенограммам в прямой и боковой проекции, ротационные деформации длинных костей анализируют по данным МСКТ.

**Результаты.** В НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова (Москва) и ООО «Клиника научной медицины» (Москва) МСКТ проводилась всем пациентам с деформациями бёдер и голеней в период с 2015 по 2022 год. В проспективном когортном исследовании приняли участие 265 пациентов в возрасте от 10 до 65 лет, разделённые по возрасту и критериям вида деформации (варусной и вальгусной). В послеоперационном периоде производилось повторное исследование, что позволяло контролировать и уточнять степень коррекции в сравнении с расчётами, выполненными в предоперационном периоде.

**Заключение.** Применение МСКТ при деформации длинных костей нижних конечностей даёт возможность более детально учитывать все компоненты (угловые и ротационные) деформации, что позволяет выполнить более точное предоперационное планирование и необходимую оперативную коррекцию деформации.

**Ключевые слова:** мультиспиральная компьютерная томография; референтные линии и углы; деформации нижних конечностей.

## Как цитировать:

Багиров А.Б., Суварлы П.Н., Огарёв Е.В., Ельцин А.Г., Мининков Д.С., Тагизаде А.Н. Мультиспиральная компьютерная томография в комплексной оценке деформаций длинных трубчатых костей нижних конечностей: проспективное когортное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 269–277. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto111559>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto111559>

# Multislice computed tomography in the complex assessment of deformities of long tubular bones of the lower extremities: prospective cohort study

Akshin B. Bagirov<sup>1-3</sup>, Parviz N. Suvarly<sup>1,2</sup>, Egor V. Ogaryov<sup>1</sup>, Alexander G. Yeltsin<sup>1</sup>, Dmitry S. Mininkov<sup>1</sup>, Arzu N. Tagizade<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> LLC «Clinic of Scientific Medicine», Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Progress in science is attributed to improvements in research methods. The rapid development in diagnostic radiology observed in the last two decades has opened fundamentally new opportunities for clinical medicine, making practically all organs, and tissue structures of the human body accessible for research. Computer technology in medicine makes it possible to assess in more detail deformities of the lower extremity and improve methods of surgical treatment that determine the individual correction of the shape of the deformed bone.

**AIM:** To comprehensively assess deformities of the long bones of the lower extremities using modern methods of radiation diagnostics – computed tomography.

**MATERIALS AND METHODS:** Surgery, as the main treatment of patients with deformities of the long bones of the limbs, cannot be effectively implemented without knowing detailed appearance of the femur and tibia and all the elements of the deformity. Angular deformities of the long bones are usually assessed by plain radiographs in frontal and lateral projections, and rotational deformities of the long bones are assessed by multislice computed tomography.

**RESULTS:** In the National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov and Clinic of Scientific Medicine, computed tomography studies of the long bones of the lower extremities and hip and lower limb deformities were performed from 2015 to 2022. The study involved 265 patients aged <65 years, who were divided according to the type of deformity.

**CONCLUSION:** Complex X-ray diagnostics for deformities of the long bones of the lower extremities according to our method allows us to represent the deformity not only in planimetric, but also in stereometric terms. This helps eliminate projection–angular and volumetric– rotational deformations.

**Keywords:** multislice computed tomography of the lower extremities; reference lines and angles; deformities of the lower extremities.

## To cite this article:

Bagirov AB, Suvarly PN, Ogaryov EV, Yeltsin AG, Mininkov DS, Tagizade AN. Multislice computed tomography in the complex assessment of deformities of long tubular bones of the lower extremities: prospective cohort study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):269–277. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto111559>

## ОБОСНОВАНИЕ

В современном мире прогресс в науке обусловлен совершенствованием методов исследования. Наблюдаемое в последние 2 десятилетия бурное развитие различных методов лучевой диагностики открыло перед клинической медициной принципиально новые возможности, сделав доступными для исследования почти все органы и тканевые структуры человеческого тела. Одной из самых первых и наиболее тесно связанных с лучевой диагностикой дисциплин является травматология и ортопедия, развитие и совершенствование которой без применения современных методов лучевой диагностики невозможно [1, 2]. Использование более актуальных методов лучевой диагностики (в частности, мультиспиральной компьютерной томографии, МСКТ) позволяет более детально оценивать характер деформаций нижних конечностей и совершенствовать методики оперативного лечения, определяющие индивидуальную коррекцию формы деформированной кости. Одним из преимуществ МСКТ является возможность создания трёхмерных (3D) изображений частей тела, которые можно «вращать» в пространстве на мониторе компьютера. При просмотре трёхмерных изображений возникает возможность отображения всего комплекса анатомической информации в ранее не доступном виде [3]. Исходя из этого, можно изучать деформации костей во всех плоскостях.

В настоящее время всё чаще приходится иметь дело со сложными деформациями длинных костей нижних конечностей, когда имеется не только угловая деформация во фронтальной (варусная или вальгусная) или сагиттальной (антекурвационная или рекурвационная) плоскости, но и деформация вокруг вертикальной оси (ротационная деформация).

**Цель исследования** — произвести комплексную оценку деформаций длинных костей нижних конечностей с помощью современных методов лучевой диагностики (МСКТ).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено проспективное когортное исследование.

### Критерии соответствия

#### Критерии включения:

- варусная и вальгусная деформация нижних конечностей;
- продольное укорочение бедра и/или голени;
- ротационная деформация бедра и/или голени.

#### Критерии исключения:

- разгибательная контрактура коленного сустава;
- ампутация конечности;

- онкологические заболевания;
- сопутствующие хронические заболевания в стадии декомпенсации.

### Условия проведения

Исследование проведено на базе отделения лучевой диагностики ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (Москва) и ООО «Клиника научной медицины» (Москва).

Отсутствовали специфические факторы (социальные, экономические, культурные), способные повлиять на внешнюю обобщаемость выводов исследования.

### Продолжительность исследования

Исследование началось в 2016 году и продолжается на текущий момент (осень 2022 года). *Первая контрольная точка* — предоперационный период, она включает осмотр, фотографирование пациента с последующим проведением МСКТ. На основе полученных данных определяют показания к проведению реконструктивной операции. *Вторая контрольная точка* также подразумевает осмотр, фотографирование и МСКТ, выполняемые после оперативного вмешательства, на 35–45-й день после операции и завершения коррекции. Далее, на 3–5-м мес после реконструктивной операции производится демонтаж аппаратов внешней фиксации. Дополнительной контрольной точки после снятия конструкций не требуется.

### Описание медицинского вмешательства

Как основной этап лечения больных с деформациями длинных костей нижних конечностей, оперативное вмешательство не может быть качественно реализовано без детальной визуализации формы бедренной и большеберцовой кости, когда необходимо учесть все элементы деформации. Угловые деформации длинных трубчатых костей, как правило, оценивают по обзорным рентгенограммам в прямой и боковой проекции, ротационные деформации длинных костей анализируют по данным МСКТ.

Рентгенологическому исследованию подвергался сегмент бедра или голени с захватом близлежащих суставов. Рентгенологические изображения обрабатывали на дисплее. При обзорной рентгенографии бедра значение придавали длине и величине угловой деформации, величине шеечно-диафизарного угла и степени погружения головки бедренной кости в вертлужную впадину. Обзорную рентгенографию голени выполняли с захватом коленного и голеностопного сустава. При этом в прямой проекции определялся угол между перпендикулярами к горизонтальным линиям по суставной щели коленного и голеностопного сустава, а также взаимоотношение берцовых костей в проксимальном и дистальном межберцовом сочленении. Особое значение для нас имела форма суставной площадки большеберцовой кости на изображениях, выполненных в боковой проекции. На дисплее

измеряли угол отклонения суставной поверхности относительно продольной оси большеберцовой кости (угол, открытый кзади). Определяли 3 варианта угла:

- ближе к  $0^\circ$  — прямой;
- до  $10^\circ$  — с умеренным антекурвационным отклонением;
- $>10^\circ$  — с выраженным антекурвационным отклонением.

Компьютерную томографию проводили на спиральном компьютерном томографе "LightSpeed VCT" (General Electric, США) с возможностью получения 64 срезов за 1 оборот рентгеновской трубки, по стандартной программе. Толщина срезов варьировала 0,6 до 1,2 мм в зависимости от возраста пациента [4].

В объём исследования обязательно входили обе нижние конечности. На МСКТ выполняли топограмму нижних конечностей на всём протяжении от таза до стоп в среднем положении нижних конечностей, а также получали серии аксиальных срезов тазобедренных, коленных и голеностопных суставов.

### Исходы исследования

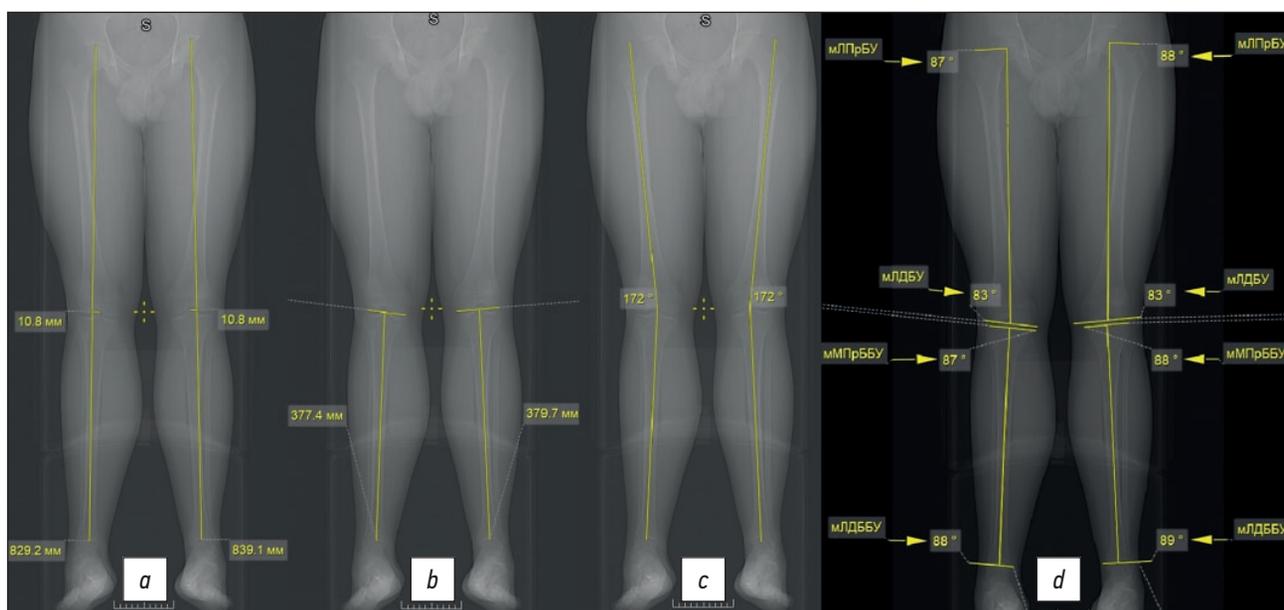
Основным исходом исследования считали устранение деформаций длинных трубчатых костей нижних конечностей путём реконструктивной операции, подтверждённой данными МСКТ, которая улучшает биомеханику нижних конечностей, что, в свою очередь, предотвращает развитие раннего остеоартроза крупных суставов. Исход исследования не может быть достигнут при отказе пациента от реконструктивной операции в связи с финансовыми возможностями.

### Методы регистрации исходов

По топограмме МСКТ нижних конечностей в прямой проекции измеряли абсолютную длину нижних конечностей, длину сегмента голени, угол между продольными осями бедренной и большеберцовой кости [5]. Также по топограмме в прямой проекции находили референтные линии и углы во фронтальной плоскости [5–8].

КТ-метрику осуществляли следующим образом:

- оценивали расстояние от суставной щели тазобедренного до суставной щели голеностопного сустава (механическая ось нижней конечности), определяли абсолютную длину нижних конечностей (бедро + голень) и отклонение механической оси (рис. 1, *a*);
- измеряли длину голени от суставной щели коленного до суставной щели голеностопного сустава; длину бедра определяли путём вычитания от общей длины длины голени (рис. 1, *b*);
- находили угол между продольными (анатомическими) осями бедренной и большеберцовой кости (рис. 1, *c*);
- определяли механические линии и углы бедренных и большеберцовых костей во фронтальной плоскости (рис. 1, *d*):
  - мЛПрБУ — механический латеральный проксимальный бедренный угол;
  - мЛДБУ — механический латеральный дистальный бедренный угол;
  - мМПрББУ — механический проксимальный большеберцовый угол;



**Рис. 1.** Топограмма нижних конечностей: *a*) расстояние от тазобедренного до голеностопного сустава, *b*) расстояние от коленного до голеностопного сустава, *c*) угол между продольными осями бедренной и большеберцовой кости, *d*) механические линии и углы бедренных и большеберцовых костей.

**Fig. 1.** Topogram of the lower extremities: *a*) the distance from the hip to the ankle joint, *b*) the distance from the knee to the ankle joint, *c*) the angle between the longitudinal axes of the femur and tibia, *d*) mechanical lines and angles femur and tibia.

— мЛДББУ — механический латеральный дистальный большеберцовый угол.

На аксиальных срезах тазобедренного, коленного и голеностопного суставов изучали торсионную характеристику бедренных, большеберцовой костей, а также интегрированную торсию нижней конечности от тазобедренного до голеностопного сустава. При этом определяли следующие углы:

- угол отклонения от фронтальной плоскости линии, расположенной по середине шейки бедра основанием, находящимся на вертельной области —  $\alpha$ ; если этот угол открыт кзади, то его обозначали знаком (–) (рис. 2, а) [8, 9];
- угол отклонения от фронтальной плоскости линии, соединяющей мыщелки бедра по задней поверхности основанием, расположенным на внутреннем мыщелке —  $\beta$ ; если основание этого угла находилось на наружном мыщелке, то его обозначали знаком (+) (рис. 2, б) [8, 9];
- угол отклонения от сагиттальной плоскости линии, расположенной по суставной поверхности лодыжки малоберцовой кости —  $\gamma$  (рис. 2, в) [8, 9].

Сумма первого и второго угла составляет антеверсию (антеверсию) шейки бедра (норма 10–25°). Если полученное значение <10°, это характеризует величину угла ретроверсии (ретроверсии). Сумма второго и третьего угла (норма 20–35°) соответствует величине угла торсии голени. Кроме того, необходимо оценить и интегрированную торсию нижней конечности (норма 10–20°). Эту единицу мы высчитывали как разницу углов  $\gamma$  и  $\alpha$ . Интегрированная торсия позволяет оценивать

положение тазобедренного сустава по отношению к голеностопному [8, 9].

Полученные измерения, а также рост пациента заносили в электронную таблицу. На основании этих данных мы получали % отношение нижних конечностей ко всему росту, а также соотношение голени к бедру. Кроме того, определяли необходимый угол коррекции угловой и ротационной деформации и, в зависимости от выбранного варианта коррекции, цифровые характеристики удлинения большеберцовой кости и взаимоотношения берцовых костей в проксимальном сочленении.

На основе обработки данных компьютерного исследования в сравнении с клинической картиной пациентов был определен оптимальный диапазон показателей. По данным литературы, величина тибеофemorального угла, образуемого пересечением анатомических осей бедренной и большеберцовой кости, у женщин составляет 7–8° (172–173°), у мужчин — 5–6° (174–175°) вальгусной девиации [10]. Соотношение нижних конечностей относительно роста — не менее 50%, а голени к бедру — 80%. По ротационной характеристике, на основе аксиальных срезов и клинической картины антеверсия бедра составляет от 10 до 25°, наружная ротация стопы — от 20 до 35°, а интегрированная торсия нижней конечности — от 10 до 25° [6, 7, 9, 11].

### Этическая экспертиза

Исследование соответствует положениям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека», принятой на 18-й

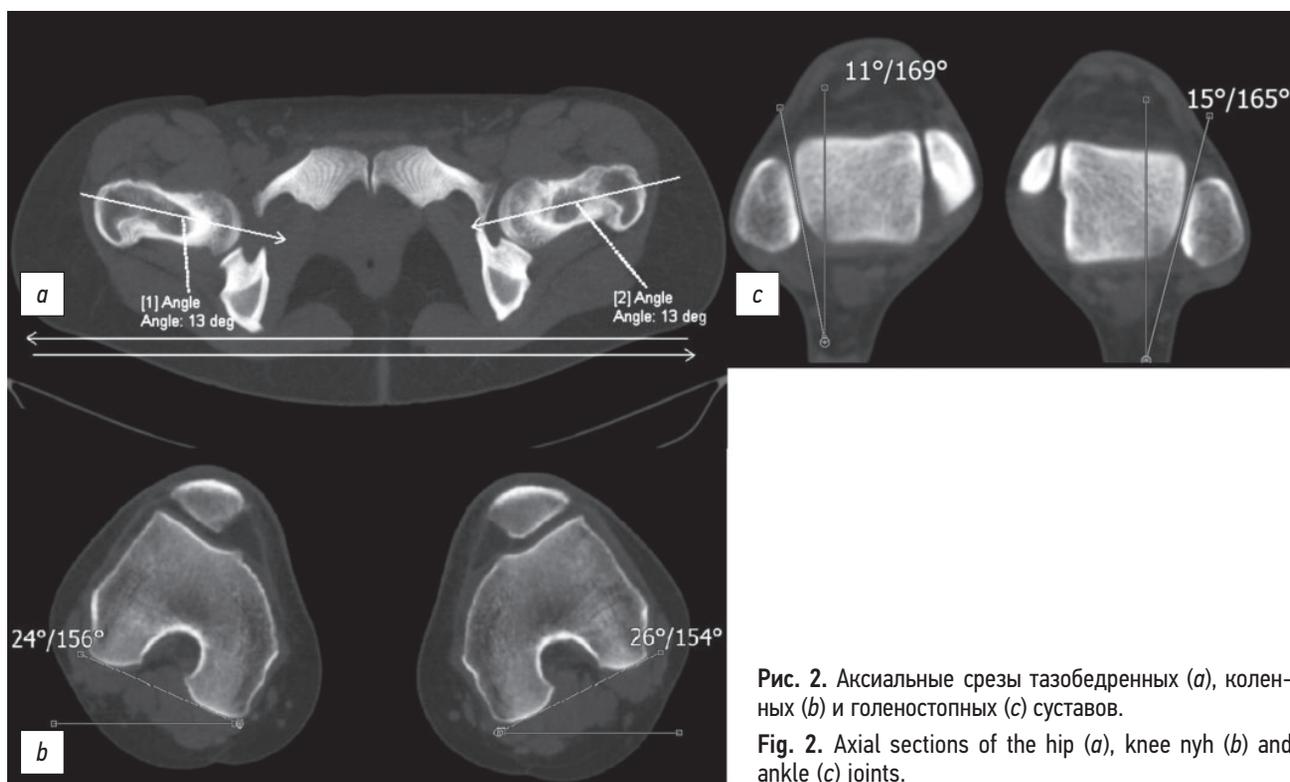


Рис. 2. Аксиальные срезы тазобедренных (а), коленных (б) и голеностопных (с) суставов.

Fig. 2. Axial sections of the hip (a), knee and ankle (c) joints.

Генеральной Ассамблее ВМА (Хельсинки, 1964), и «Правилам клинической практики в Российской Федерации», утверждённым Приказом Минздрава России N 266 от 19 июня 2003 года. Все участники подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании и публикацию его результатов [5]. Заключение Этического комитета не получали.

## Статистический анализ

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ Excel (Microsoft, США) и Statistica v. 6.0 (StatSoft Inc., США). Для количественных признаков результаты представлены в виде средних арифметических ( $M$ ) и стандартных отклонений ( $\sigma$ ), для качественных — как абсолютные значения ( $n$ ) и процентное выражение (%). Критический уровень значимости ( $\alpha$ ) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. При подтверждении нормального распределения значений для оценки достоверности различий между группами использовали параметрический  $t$ -критерий Стьюдента для независимых выборок. Различия во всех случаях считали статистически значимыми при  $p < 0,05$  [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

В исследовании приняли участие 265 пациентов в возрасте от 10 до 65 лет, разделённые по критериям вида деформации (табл. 1). По результатам исследования оказалось, что большинство пациентов — женщины с варусными деформациями голеней в возрасте 26–35 лет. МСКТ проводили всем пациентам с деформациями бёдер и голеней в период с 2015 по 2022 год.

Таблица 1. Распределение пациентов по возрасту и виду деформации

Table 1. Distribution of patients by age and type of deformity

Возраст, лет	Число, $n$	<15	16–25	26–35	36–45	46–55	>55	Всего
Варусная деформация голеней		5	44	120	45	13	2	229
Вальгусная деформация бёдер		4	7	5	6	1	0	23
Сочетанная деформация бёдер и голеней		8	0	4	1	0	0	13
Всего		17	51	129	52	14	2	265

Таблица 2. Показатели референтных линий и углов после устранения варусной деформации голеней

Table 2. Indicators of reference lines and angles after elimination of varus deformity of the legs

Показатели	Нормальные значения	Перед лечением	После лечения
мМПрББУ, °	85–90	81±1,9	88,5±2,0
мЛДББУ, °	86–92	95±4,6	89,3±2,8

Примечание. мМПрББУ — механический проксимальный большеберцовый угол, мЛДББУ — механический латеральный дистальный большеберцовый угол.

Note. мМПТА — mechanical medial proximal tibial angle, мЛДТА — mechanical lateral distal tibial angle.

Выбранная нами методика использована при выполнении более чем 500 реконструктивных операций на нижних конечностях по поводу деформации бедра и голени. В послеоперационном периоде производили повторное исследование, что позволяло контролировать и уточнять степень коррекции в сравнении с расчётами, выполненными в предоперационном периоде.

## Основные результаты исследования

После оперативного лечения женщинам с варусными деформациями после коррекции величина тибеофemorального угла устанавливалась в диапазоне 8–10° (170–172°) вальгусной девиации, мужчинам — в диапазоне 5–7° (173–175°) вальгусной девиации. Показатели механических углов большеберцовой кости до и после лечения продемонстрированы в табл. 2.

Показатели механических углов бедренных костей до и после лечения представлены в табл. 3.

Статистика пациентов с сочетанными деформациями по отдельности не велась. У пациентов с сочетанной деформацией имелась ротационная деформация бёдер или одного бедра с варусной деформацией голени либо вальгусная деформация бёдер с ротацией голени/голеней.

Интегральная торсия позволяла нам принимать решение об устранении ротации на оперируемом сегменте. Если ротация бедра и голени на одной конечности компенсировали друг друга, то есть бедро имело ротацию наружу, а голень — кнутри, или наоборот, то ротацию на оперируемом сегменте не устраняли.

Механические линии и углы в сагиттальной плоскости определяли в единичных случаях, так как обратившиеся пациенты были с идиопатическими варусными

**Таблица 3.** Показатели референтных линий и углов после устранения вальгусной деформации бедренных костей**Table 3.** Indicators of reference lines and angles after elimination of valgus deformity of the femur

Показатели	Нормальные значения	Перед лечением	После лечения
мЛПрБУ, °	85–95	83±1,9	89,5±4,5
мЛДБУ, °	85–90	82±1,5	87,1±2,4

*Примечание.* мЛПрБУ — механический латеральный проксимальный бедренный угол, мЛДБУ — механический латеральный дистальный бедренный угол.

*Note.* mLPFA — mechanical lateral proximal femoral angle, mL DFA — mechanical lateral distal femoral angle.

и вальгусными деформациями, и у них отсутствовала антекурвационная или рекурвационная деформация бедра или голени.

### Нежелательные явления

К нежелательным явлениям можно отнести ограничение разгибания голени на одной или обеих конечностях после устранения деформации в аппаратах внешней фиксации при повторном МСКТ-исследовании нижних конечностей, что существенно влияет на определение механических линий и углов, искажая их. Также к нежелательным явлениям относится рецидив деформации после завершения лечебного процесса.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

МСКТ длинных костей нижних конечностей позволяет определять не только угловые (варусную, вальгусную, рекурвационную, антекурвационную), но и ротационные компоненты деформации, и обладает преимуществом перед рентгенологическим исследованием длинных костей нижних конечностей.

### Обсуждение основного результата исследования

В исследовании приняли участие 265 (100%) пациентов, среди них 229 (86,4%) — с варусной деформацией голени, 23 (8,7%) — с вальгусной деформацией бёдер, 13 (4,9%) — с сочетанной деформацией бёдер и голени. Из 229 (100%) пациентов с варусной деформацией голени 107 (46,7%) человек не имели ротационного компонента деформации голени, 78 (34%) имели двустороннюю наружную ротацию голени, 31 (13,5%) — одностороннюю наружную ротацию голени, 13 (5,8%) — внутреннюю ротацию одной голени. Пациентов с двусторонней внутренней ротацией голени не было. Из 23 (100%) человек с вальгусной деформацией бёдер 16 (69,6%) имели двустороннюю внутреннюю ротацию бёдер, 7 (30,4%) — одностороннюю внутреннюю ротацию бедра. Пациентов с вальгусной деформацией бёдер с наружной ротацией не было. Из 13 (100%) человек с сочетанной деформацией бёдер и голени 9 (69,2%) имели ротационную деформацию на 2 сегментах (бедре и голени), 4 (30,8%) — ротационную

деформацию на 1 сегменте (бедре или голени). Итого из 265 (100%) участников исследования у 158 (57,6%) человек помимо углового также имелся и ротационный компонент деформации, определение которого возможно только по данным МСКТ длинных костей нижних конечностей.

Оценку проводили по методике Маркер–Скляр, по 4-ступенчатой градации (отличный, хороший, удовлетворительный, неудовлетворительный результат). 148 (55,8%) человек оказались полностью довольны лечением (отличный результат), 108 (40,8%) — довольны лечением за исключением срока нахождения в аппаратах (хороший результат), 5 (1,9%) — удовлетворены полученным результатом, но не довольны результатом медиализации дистального отломка голени, что эстетически отражается на внутренней поверхности голени (удовлетворительный результат). У 4 (1,5%) пациентов произошёл рецидив деформации (неудовлетворительный результат), что было подтверждено при проведении МСКТ длинных костей нижних конечностей. Рецидив зарегистрирован у 3 пациентов с варусной деформацией голени и 1 человека с сочетанной деформацией (рецидив деформации на уровне голени). Всем пациентам с рецидивом деформации выполняли повторное оперативное вмешательство, по итогам которого был достигнут удовлетворительный результат.

### Ограничения исследования

Исследование ограничивает сгибательная контрактура коленного сустава, при которой пациент не может разгибать голень. Таким образом данная контрактура не позволяет точно определить торсионную характеристику конечности, длину конечности, угол между продольными осями бедренной и большеберцовой костей, так как конечность принимает вынужденное положение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование МСКТ при деформации длинных костей нижних конечностей позволяет более детально учитывать все компоненты деформации (угловые и ротационные), что позволяет точнее выполнить предоперационное планирование и необходимую оперативную коррекцию деформации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis,

interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьячкова Г.В., Митина Ю.Л., Дьячков К.А., и др. Клинические аспекты современной лучевой диагностики в травматологии и ортопедии // Гений ортопедии. 2011. № 2. С. 84–88.
2. Шевцов В.И., Дьячкова Г.В. Новые возможности лучевой диагностики в травматологии и ортопедии // Гений ортопедии. 2008. № 4. С. 74–80.
3. МакКиннис Л.Н. Лучевая диагностика в травматологии и ортопедии. Клиническое руководство. Москва: Изд-во Панфилова, 2015. С. 127, 422–425.
4. Огарёв Е.В., Морозов А.К. Диагностические возможности мультиспиральной компьютерной томографии в оценке состояния тазобедренного сустава у детей и подростков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2013. Т. 20, № 4. С. 68–75. doi: 10.17816/vto20130468-75
5. Багиров А.Б., Лаймуна К.А., Шестерня Н.А., и др. Эффективность модифицированных компоновок аппаратов наружной фиксации при устранении варусной де-

формации голени // Политравма. 2021. № 2. С. 50–59. doi: 10.24412/1819-1495-2021-2-50-59

6. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н., и др. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. Санкт-Петербург: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2010.

7. Основы чрескостного остеосинтеза. 2-е изд., т. 2 / под ред. Л.Н. Соломина. Москва: БИНОМ, 2015.

8. Strecker W., Keppler P., Kinzi L. Posttraumatische Beindeformitäten Analyse und Korrektur. Berlin: Springer-Verlag, 1997. S. 51–54.

9. Lerch T.D., Eichelberger P., Baur H., et al. In-And-Out-Toeing — A Realible Sign for Femoral Malversion? [video]. Bern Hip Symposium, 2018. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=RcU5kQWzO6k>. Accessed: 20.12.2022.

10. Каплунов О.А., Каплунов А.Г., Шевцов В.И. Косметическая коррекция формы и длины ног. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2010.

11. Paley D. Principles of deformity correction. New York: Springer-Verlag, 2005.

## REFERENCES

1. Diachkova GV, Mitina YuL, Diachkov KA, et al. Clinical aspects of current radial diagnostics in traumatology and orthopaedics. *Genij Ortopedii*. 2011;2:84–88. (In Russ).
2. Shevtsov VI, Diachkova GV. New scopes for radial diagnostics in traumatology and orthopaedics. *Genij Ortopedii*. 2008;4:74–80. (In Russ).
3. MakKinnis LN. *Luchevaya diagnostika v travmatologii i ortopedii. Klinicheskoe rukovodstvo*. Moscow: Izd-vo Panfilova; 2015. P. 127, 422–425. (In Russ).
4. Ogaryov EV, Morozov AK. Diagnostic Potentialities of Multispiral Computed Tomography for Hip Joint Evaluation in Children and Adolescents. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2013;20(4):68–75. (In Russ). doi: 10.17816/vto20130468-75
5. Bagirov AB, Laymouna KA, Shesternya NA, et al. Efficiency of modified assemblies of external fixation in correction of varus deformity of legs. *Polytrauma*. 2021;2:50–59. (In Russ). doi: 10.24412/1819-1495-2021-2-50-59

6. Solomin LN, Shchepkina EA, Kulesh PN, et al. *Opredelenie referentnykh linii i uglov dlinnykh trubchatykh kostei: posobie dlya vrachei*. Saint-Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2010. (In Russ).

7. Solomin LN, editor. *Osnovy chreskostnogo osteosinteza*. 2<sup>nd</sup> ed., Vol. 2. Moscow: BINOM; 2015. (In Russ).

8. Strecker W, Keppler P, Kinzi L. *Post-traumatic leg deformities analysis and correction*. Berlin: Springer-Verlag; 1997. P. 51–54. (In German).

9. Lerch TD, Eichelberger P, Baur H, et al. In-And-Out-Toeing — A Realible Sign for Femoral Malversion? [video]. Bern Hip Symposium; 2018. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=RcU5kQWzO6k>. Accessed: 20.12.2022.

10. Kaplunov OA, Kaplunov AG, Shevtsov VI. *Kosmeticheskaya korrektsiya formy i dliny nog*. Moscow: GEOTAR-Media; 2010. (In Russ).

11. Paley D. *Principles of deformity correction*. New York: Springer-Verlag; 2005.

## ОБ АВТОРАХ

\* **Суварлы Первиз Низам оглы**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0383-1745>;  
e-mail: [dr.suvarly@gmail.com](mailto:dr.suvarly@gmail.com)

**Багиров Акшин Бейюк Ага оглы**, д.м.н.,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5766-3775>;  
eLibrary SPIN: 4312-1105; e-mail: [bagirov-ab@yandex.ru](mailto:bagirov-ab@yandex.ru)

**Огарёв Егор Витальевич**, к.м.н.,  
врач-рентгенолог; e-mail: [evogarev@yandex.ru](mailto:evogarev@yandex.ru)

**Ельцин Александр Геннадьевич**, к.м.н.,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7736-9493>;  
eLibrary SPIN: 6411-2484; e-mail: [agyeltsin@gmail.com](mailto:agyeltsin@gmail.com)

**Мининков Дмитрий Сергеевич**, к.м.н.,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9490-6932>;  
eLibrary SPIN: 1494-3179; e-mail: [4504311@mail.ru](mailto:4504311@mail.ru)

**Тагизаде Арзу Низам кызы**, студент;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8259-9744>;  
e-mail: [msarzu@mail.ru](mailto:msarzu@mail.ru)

## AUTHORS INFO

\* **Parviz N. Suvarly**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0383-1745>;  
e-mail: [dr.suvarly@gmail.com](mailto:dr.suvarly@gmail.com)

**Akshin B. Bagirov**, MD, Dr. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5766-3775>;  
eLibrary SPIN: 4312-1105; e-mail: [bagirov-ab@yandex.ru](mailto:bagirov-ab@yandex.ru)

**Egor V. Ogaryov**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
radiologist; e-mail: [evogarev@yandex.ru](mailto:evogarev@yandex.ru)

**Alexander G. Yeltsin**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7736-9493>;  
eLibrary SPIN: 6411-2484; e-mail: [agyeltsin@gmail.com](mailto:agyeltsin@gmail.com)

**Dmitry S. Mininkov**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9490-6932>;  
eLibrary SPIN: 1494-3179; e-mail: [4504311@mail.ru](mailto:4504311@mail.ru)

**Arzu N. Tagizade**, student;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8259-9744>;  
e-mail: [msarzu@mail.ru](mailto:msarzu@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110979>

## Медицинский симулятор для подготовки врачей-травматологов: экспериментальная работа

Т.А. Парамонов<sup>1</sup>, И.В. Маркин<sup>1</sup>, В.Р. Ан<sup>1</sup>, С.В. Кушнарв<sup>2</sup>, П.К. Потапов<sup>1</sup>,  
К.А. Ведищев<sup>1</sup>, Н.В. Варламова<sup>1</sup>, А.Р. Музафаров<sup>1</sup>, Р.Р. Байкиев<sup>1</sup>, Е.А. Журбин<sup>1</sup>,  
Д.А. Отавин<sup>1</sup>, И.А. Забирова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Переломы костей таза — один из самых сложных и опасных видов травм ввиду наличия в этой области тела большого числа крупных кровеносных сосудов. Они влекут за собой частичную либо полную утрату работоспособности у пострадавших и обладают высокой летальностью. В связи с тем, что в медицинской практике случаев переломов костей таза меньше, чем других видов переломов, специалистам зачастую не хватает практического опыта, наработки навыков. Таким образом, для обучения или повышения квалификации специалистов требуется более серьёзная теоретическая подготовка, которая малопродуктивна без качественных учебных симуляторов и моделей.

**Цель.** Исследование проведено с целью разработки и изготовления многоцветного симулятора, имитирующего мягкие ткани человека и дающего возможность всесторонне подготовить и обучить специалистов технике установки аппарата внешней фиксации при нестабильных переломах костей таза у человека.

**Материалы и методы.** Для создания симулятора было пройдено несколько основных этапов: получение образцов костей таза, изготовление формы для отливки и непосредственно сборка симулятора. Для получения образцов костей использовали предоставленные Военно-медицинской академией им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург) обезличенные КТ- и МРТ-снимки, на основе которых была получена 3D-модель костей таза. На основе этой модели с помощью аддитивных технологий были изготовлены анатомически точные копии костей таза человека. На следующем этапе нами разработана трёхмерная цифровая компьютерная модель и выпущена форма для отливки готового изделия. Внутри формы размещали образцы костей, после чего её поэтапно заполняли желатин-глицериновым составом, который после затвердевания имитирует мягкие ткани человека.

**Результаты.** В ходе работы изготовлен опытный образец медицинского симулятора для обучения установке комплекта сочетанной травмы при нестабильных переломах костей таза.

**Заключение.** Созданный нами симулятор может широко применяться в процессе обучения и подготовки специалистов благодаря своей достаточно высокой анатомической точности, простоте обслуживания и хорошему потенциалу для массового производства.

**Ключевые слова:** перелом костей таза; аппарат внешней фиксации; аддитивные технологии; медицинский симулятор.

### Как цитировать:

Парамонов Т.А., Маркин И.В., Ан В.Р., Кушнарв С.В., Потапов П.К., Ведищев К.А., Варламова Н.В., Музафаров А.Р., Байкиев Р.Р., Журбин Е.А., Отавин Д.А., Забирова И.А. Медицинский симулятор для подготовки врачей-травматологов: экспериментальная работа // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 279–288. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110979>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110979>

## Medical simulator for the training of traumatologists: pilot work

Timofey A. Paramonov<sup>1</sup>, Ilya V. Markin<sup>1</sup>, Vladimir R. An<sup>1</sup>, Sergei V. Kushnarev<sup>2</sup>, Pyotr K. Potapov<sup>1</sup>, Kirill A. Vedishev<sup>1</sup>, Natalia V. Varlamova<sup>1</sup>, Artur R. Muzafarov<sup>1</sup>, Renat R. Baikiev<sup>1</sup>, Evgeniy A. Zhurbin<sup>1</sup>, Denis A. Otavin<sup>1</sup>, Iraida A. Zabiroya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Military Innovation Technopolis «ERA», Anapa, Russia;

<sup>2</sup> Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Pelvic fractures are one of the most complex and fatal injuries because numerous large blood vessels are affected. They entail partial or complete loss of working capacity and have a high mortality rate. In medical practice, the number of pelvic fractures is fewer than that of other types of fractures, and specialists often lack practical experience and skills in the treatment. Thus, for the training, or advanced training of specialists, more serious theoretical training is required, which is unproductive without high-quality training simulators and models.

**AIM:** The study aimed to develop and manufacture an easy-to-use simulator that mimics human soft tissues and makes it possible to comprehensively prepare and educate specialists in the technique of installing an external fixation device for unstable pelvic fractures.

**MATERIALS AND METHODS:** To create the simulator, several main stages were completed: obtaining samples of the pelvic bones, making a mold for casting, and directly assembling the simulator. To obtain bone samples, computed tomography scans and magnetic resonance therapy images were used, on which a three-dimensional (3D) model of the pelvic bones was obtained. Based on this model, anatomically accurate copies of the pelvic bones were made using additive technologies. Then, a 3D digital computer model was developed, and a mold for casting the finished product was made. Bone samples were placed inside the mold, and the mold was gradually filled with a gelatin–glycerin compound, which after hardening mimics human soft tissues.

**RESULTS:** A prototype of a medical simulator for teaching the installation of the concomitant injury kit apparatus for unstable pelvic fractures was made.

**CONCLUSION:** The manufactured simulator can be widely used in educating and training specialists given its sufficiently high anatomical accuracy, ease of maintenance, and good potential for mass production.

**Keywords:** pelvic fracture; external fixation device; additive technologies; medical simulator.

### To cite this article:

Paramonov TA, Markin IV, An VR, Kushnarev SV, Potapov PK, Vedishev KA, Varlamova NV, Muzafarov AR, Baikiev RR, Zhurbin EA, Otavin DA, Zabiroya IA. Medical simulator for the training of traumatologists: pilot work. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):279–288. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110979>

## ОБОСНОВАНИЕ

Переломы костей таза — один из самых сложных и опасных видов травм [1] ввиду наличия в этой области тела большого числа крупных кровеносных сосудов. Они влекут за собой частичную либо полную утрату работоспособности у пострадавших и обладают высокой летальностью [2–5]. При лечении таких травм возникает множество проблем и задач, над решением которых работают врачи самой высокой квалификации [6, 7].

В связи с тем, что в медицинской практике случаев переломов костей таза меньше, чем других видов переломов, специалистам зачастую не хватает практического опыта, наработки навыков [8–10]. Таким образом, для обучения или повышения квалификации специалистов требуется более серьёзная теоретическая подготовка, которая малопродуктивна без качественных учебных симуляторов и моделей [11].

В большинстве случаев обучающие материалы представляют собой образцы, полученные из мёртвых тканей животных, реже — людей [12]. Следовательно, возникает проблема дефицита подходящих образцов для обучения.

Учитывая все вышеперечисленные сложности, возрастает актуальность разработки, создания и внедрения в использование симулятора для отработки наложения комплекта сочетанной травмы (КСТ) при нестабильных переломах костей таза [13]. В результате анализа отечественных и зарубежных источников литературы обнаружено, что разработка подобных симуляторов практически не выполнялась, что дополнительно повышает актуальность нашей работы [14].

**Цель исследования** — разработать технологию и создать простую в изготовлении и применении модель медицинского симулятора, имитирующего кости и мягкие ткани верхней части бёдер и таза человека.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Выполнена экспериментальная работа по созданию опытного образца медицинского симулятора для обучения установке КСТ при нестабильных переломах костей таза.

### Условия проведения

Работа проводилась в Военном инновационном технополисе «ЭРА» (Анапа), в период с октября 2021 года по январь 2022 года.

### Методы оценки целевых показателей

Процесс изготовления симулятора для наложения устройства внешней фиксации КСТ при нестабильных переломах таза (в дальнейшем — симулятор) разбит на 3 основных этапа:

- изготовление анатомически точных копий костей таза;
- создание формы и подбор состава для отливки;
- отливка и постобработка.

В качестве исходных данных использовали серию компьютерных томограмм области таза и нижних конечностей в формате DICOM, полученных на компьютерном томографе в Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург). Снимки подвергали обработке в программе «3D Slicer» (Slicer Community, США) с целью получения 3D-моделей костей и внутренней поверхности формы для отливки. На основе полученных ранее в программе «SOLIDWORKS 2018» (Dassault Systèmes Solid Works Corporation, США) данных создавали трёхмерную цифровую модель формы для отливки. Далее файлы загружали в программное обеспечение «IDEA Maker» (Raise 3D Pioneering Flexible Manufacturing, Китай), где производили генерацию управляющих команд для 3D-принтера на базе созданных 3D-моделей (слайсинг) [11, 13, 15–17].

Для печати моделей костей и формы для отливки использовали принтер «Raise 3D Pro2Plus» (Raise3D Pioneering Flexible Manufacturing, Китай) и технологию печати FDM (англ. fused deposition modeling — моделирование методом послойного наплавления). В качестве материала для печати применяли нить (филамент) из акрилонитрилбутадиенстирола (ABS) диаметром 1,75 мм (Bestfilament, Россия). Условия печати: температура экструдера — 230 °С, температура стола — 100 °С, скорость печати — 60 мм/с, толщина слоя — 0,2 мм, заполнение — 75%. Выбор материала обусловлен тем, что этот вид пластика легко поддаётся механической обработке, обладает высокой прочностью на изгиб (41 МПа), предел прочности на разрыв у него составляет 22 МПа, модуль упругости при растяжении — 1627 МПа. При этом ABS-пластик хорошо растворим в ацетоне [18, 19].

Постобработку выполняли механическим методом. Далее распечатанные модели костей скрепляли с помощью технического ацетона (ГОСТ 2768-84) и жидких гвоздей (Монолит, Россия), а части формы — посредством болтов (болт номинальным диаметром резьбы 6 мм, М6) и силиконового герметика. После сборки формы на внутреннюю поверхность наносили вазелин, внутри размещали образцы костей и производили поэтапную заливку формы желатин-глицериновым составом. По завершении затвердения смеси осуществляли разборку и отделение готового изделия от формы [15].

### Этическая экспертиза

Серия компьютерных томограмм была получена в обезличенном виде, поэтому согласования с этическим комитетом не требовалось.

### Статистический анализ

Не проводили.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для достижения поставленной цели процесс создания симулятора разделили на 3 этапа, каждый из которых состоял из нескольких стадий (рис. 1).

### Стадия 1. Изготовление анатомически точных копий костей таза

Цель этой стадии — создание образцов тазовых и бедренных костей. 1-м этапом было получение снимков

компьютерных томограмм (КТ) таза и нижних конечностей. На 2-м этапе получали цифровые трёхмерные модели костей таза и нижних конечностей путём сегментации из КТ-снимков с последующей доработкой — заполнением пустых областей (рис. 2).

Для повышения детализации и обеспечения более высокого качества печати модель костей разделили на 10 сегментов.

Полученные модели костей сохраняли в формате STL (Standard Triangulation Language) и загружали

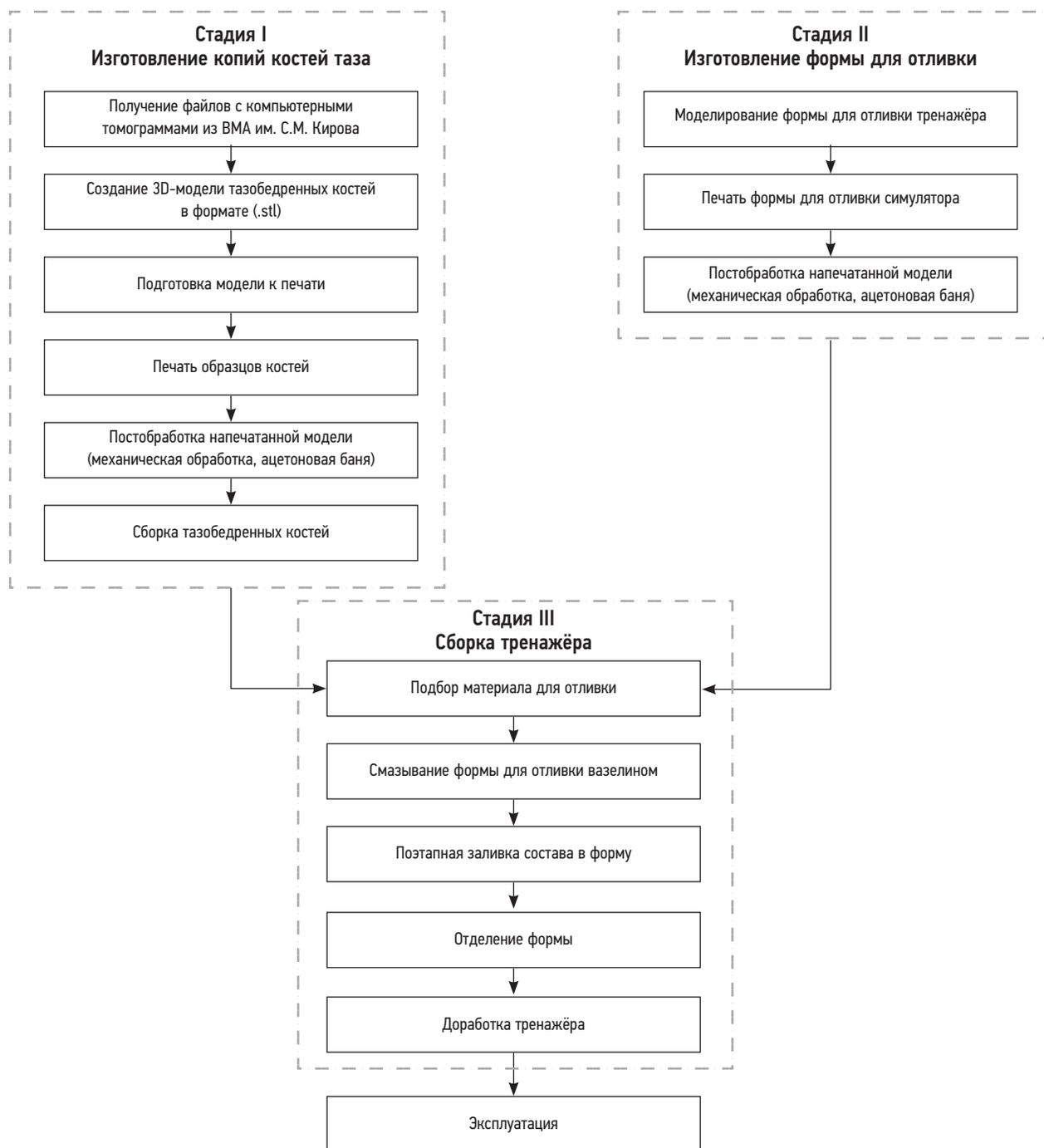


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема изготовления симулятора.

Fig. 1. Schematic diagram of the manufacturing of the simulator.



Рис. 2. Образец полученной 3D-модели таза и тазовых и бедренных костей.

Fig. 2. A sample of the obtained 3D-model of the pelvis and hip bones.

в слайсер «IDEA Maker» с целью проверки целостности слоёв моделей при рассмотрении послойного печатания. По окончании проверки файл сохраняли в формате управляющих инструкций для 3D-принтера G-code и загружали в принтер.

Для печати 3D-модели применяли принтер «Raise 3D Pro2Plus» и технологию печати FDM (рис. 3).

После соединения макета проводили его шлифовку и обработку в ацетоновой бане. Эти методы используют для удаления с поверхности модели крупных неровностей, образовавшихся в ходе печати, а также для устранения дефектов печати и сглаживания текстуры модели (рис. 4).

## Стадия 2. Изготовление формы и подбор состава для отливки

На этой стадии осуществляли моделирование и печать отливочной формы по технологии, аналогичной таковой при создании моделей костей. Ввиду ограниченности печатного пространства принтера (300×300×600 мм),

а также для упрощения разборки и извлечения готового симулятора из формы модель разделили на 16 сегментов (рис. 5). Масса готовой формы составила 4 кг без учёта крепёжных узлов (болты, шайбы, гайки).

## Стадия 3. Изготовление симулятора

На данной стадии производили окончательную сборку готового изделия. 1-м этапом осуществляли подбор наиболее оптимального состава материала для заливки. Критерием оптимальности выступала схожесть основных физико-механических характеристик затвердевшего состава с соответствующими усреднёнными характеристикам мягких тканей бедра человека (упругость, прочность, твёрдость и т.д.). Были испытаны 2 наиболее подходящих состава для заливки.

В качестве 1-го состава использовали пищевой желатин марки «250 bloom» (BOOM, Китай), дистиллированную воду, консерванты (сорбат калия — ГОСТ 55583-2013, бензоат натрия — ГОСТ 32777-2014). Желатин, дистиллированную воду и консерванты в определённом соотношении помещали в ёмкость и заливали водой ( $t=90-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; табл. 1). Смесь перемешивали и охлаждали до температуры  $<40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 6). Из каждого варианта смеси отбирали образец массой 150 г. Образцы хранили в шкафу при температуре  $30-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 96 ч для оценки их физических свойств. Образцы 7 и 8 были покрыты силиконом и минеральным маслом соответственно с целью снижения скорости испарения воды.

В результате оценки образцов установлено, что материал, в составе которого отсутствуют консерванты (образцы 1–3), в течение 48 ч демонстрирует признаки микробиологического заражения спорами микромицет. Образцы 4–6, в составе которых присутствовал консервант, не имели признаков микробиологического заражения в течение 96 ч и более, однако вследствие испарения воды в течение 24 ч на них образовалась твёрдая оболочка. Также применение консервантов необходимо для повторного использования состава, поэтому отработанный фантом мы растворяли в горячей дистиллированной воде ( $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и использовали для заливки формы (см. табл. 1).



Рис. 3. Печать образцов костей методом послойного наплавления.  
Fig. 3. Printing of bone samples by layer-by-layer fusing.



Рис. 4. Готовые образцы костей таза.  
Fig. 4. Finished samples of the bones of the hip.



Рис. 5. Отливочная форма в готовом виде и на этапе моделирования.

Fig. 5. Casting mold in finished form and at the modeling stage.

Наиболее точно имитирующим мягкие ткани оказался образец 7 (содержание желатина 20%). Также возможно использование образцов 1–6 для заливки формы малого объёма с коротким (до 24 ч) сроком эксплуатации. Применение минерального масла с целью снижения скорости испарения влаги оказалось малоэффективным, покрытие силиконом имеет ограниченный эффект из-за отсутствия адгезии к поверхности. Относительно быстрое испарение воды (и высыхание формы) оказалось главным недостатком этого состава.

В связи со всеми вышеперечисленными трудностями нами был опробован *состав 2* — технический желатин марки «Т-4» (ГОСТ 11293-89) и глицерин дистиллированный (ГОСТ 6824-96). Подготовлено 4 варианта смеси, содержащих желатин и глицерин в различных соотношениях (табл. 2). Из каждого варианта смеси было отобрано по образцу массой 150 г, которые хранили в шкафу при температуре 30–32 °С в течение 96 ч для оценки их физических свойств (рис. 7).

Ввиду того, что технический желатин не подвергается достаточной очистке, образцы получились тёмного цвета, непрозрачными. Образец 1 оказался слишком мягким в сравнении с тканями человека, в то время как образец 4 был чересчур плотным. Наиболее точно имитирующими мягкие ткани по плотности стали образцы 2 и 3 (содержание желатина 20 и 30% соответственно), поэтому для дальнейшей работы нами был выбран вариант № 2.

На следующем этапе осуществляли заливку путём по сегментному добавления расплавленного желатин-глицеринового состава в форму с размещёнными внутри образцами костей и производили постобработку полученного изделия. На внутреннюю поверхность формы наносили вазелин для облегчения последующего отделения фантома, места стыковки заполняли силиконом для предотвращения вытекания смеси. Глицерин объёмом 1 л нагревали в металлической кастрюле ёмкостью 1,5 л до 120–125 °С, затем в ту же ёмкость засыпали технический желатин массой 250 г. Температуру смеси поддерживали

Таблица 1. Состав проб и оценка полученных образцов при использовании состава 1

Table 1. Sample composition and evaluation of the obtained samples using the first composition

Содержание, %	Физические свойства		Структурно-механические свойства
	Через 48 ч при $t=30-32\text{ }^{\circ}\text{C}$	Через 96 ч при $t=30-32\text{ }^{\circ}\text{C}$	
<b>Образец 1</b> Желатин 10% (10 г) Вода 90% (90 мл)	Помутнение раствора	Помутнение раствора	При комнатной температуре произошёл переход в жидкое состояние
<b>Образец 2</b> Желатин 20% (20 г) Вода 80% (80 мл)	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 15%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 25%. Обнаружены признаки микробиологического заражения	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)
<b>Образец 3</b> Желатин 30% (30 г) Вода 70% (70 г)	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 10%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 20%. Обнаружены признаки микробиологического заражения	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)
<b>Образец 4</b> Желатин 20% (20 г) Вода 79% (79 мл) Сорбат калия 0,5% (0,5 г) Бензоат натрия 0,5% (0,5 г)	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 15%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 25%. Поверхность твёрдая, признаков микробиологического заражения не обнаружено	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)
<b>Образец 5</b> Желатин 30% (30 г) Вода 69% (69 мл) Сорбат калия 0,5% (0,5 г) Бензоат натрия 0,5% (0,5 г)	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 10%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 20%. Поверхность твёрдая, признаков микробиологического заражения не обнаружено	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)

Таблица 1. Окончание

Table 1. End of table

<b>Образец 6</b> Желатин 40% (40 г) Вода 59% (59,5 мл) Сорбат калия 0,5% (0,5 г) Бензоат натрия 0,5% (0,5 г)	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 7%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 15%. Поверхность твёрдая, признаков микробиологического заражения не обнаружено	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)
<b>Образец 7</b> Желатин 20% (20 г) Вода 79,5% (79,5 мл) Сорбат калия 0,5% (0,5 г) Бензоат натрия 0,5% (0,5 г) Силикон	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 5%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 10%. Поверхность эластичная, признаков микробиологического заражения не обнаружено	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)
<b>Образец 8</b> Желатин 20% (20 г) Вода 79,5% (79,5 мл) Сорбат калия 0,5% (0,5 г) Бензоат натрия 0,5% (0,5 г) Минеральное масло	Непрозрачный. Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 10%	Уменьшение в объёме вследствие испарения воды на 20%. Поверхность твёрдая, признаков микробиологического заражения не обнаружено	Сохраняет желеобразное состояние (требуется проверка на импровизированном анализаторе текстуры)



Рис. 6. Тестовый образец заливочного состава варианта 1.

Fig. 6. Test sample of the casting composition option 1.



Рис. 7. Тестовый образец заливочного состава варианта 2.

Fig. 7. Test sample of the second version of the casting composition.

Таблица 2. Состав проб и оценка образцов при использовании состава 2

Table 2. Sample composition and evaluation of samples when using the second composition

Содержание, %	Физические свойства
<b>Образец 1</b> Желатин 10% (10 г) Глицерин 90% (90 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 6%
<b>Образец 2</b> Желатин 20% (20 г) Глицерин 80% (80 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 5%
<b>Образец 3</b> Желатин 30% (30 г) Глицерин 70% (70 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 5%
<b>Образец 4</b> Желатин 40% (40 г) Глицерин 60% (60 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 4%

на уровне 120 °С на протяжении 5 мин. Для заливки в форму смесь предварительно охлаждали до температуры 90–95 °С во избежание плавления ABS-пластика (рис. 8). Заливку осуществляли в 3 этапа с интервалом в 24 ч.

Для ускорения процесса затвердевания форму помещали в холодильную камеру (температура +5 °С, t=24 ч). После того, как заливочный состав принимал однородную структуру, удаляли крепления, осуществляли разборку формы и отделение её от макета, а также постобработку изделия. В результате получили готовый симулятор КСТ со следующими параметрами: масса изделия — 30 кг, длина — 63 см, ширина — 40 см, высота — 20 см (рис. 9).

## ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе моделирования и производства симулятора сформулирован ряд замечаний, а также подготовлены рекомендации по улучшению качества готового изделия и повышению его долговечности.

Важно отметить, что температура желатин-глицериновой смеси на момент приготовления составляла 120–125 °С, а во время заливки в форму — 90–95 °С. Это представляет



Рис. 8. Заполнение формы желатин-глицериновым составом.

Fig. 8. Filling the form with gelatin-glycerin composition.



Рис. 9. Симулятор для отработки наложения комплекта сочтанной травмы после снятия отливочной формы.

Fig. 9. Concomitant injury kit simulator after removing the casting mold.

потенциальную опасность разрушения формы и снижения её долговечности, а также повышает риски ожогов и травм для работников. Для снижения вероятности травматизма рекомендуется использовать спецодежду (термостойкие перчатки, фартуки и специальную обувь), а сам процесс заполнения формы выполнять в специализированной ёмкости. Помимо этого, для изготовления формы следует применять пластик, обладающий большей термостойкостью, что незначительно повысит стоимость изготовления формы, но потенциально увеличит сроки её эксплуатации.

По причине того, что по мере заполнения давление на стенки и дно формы увеличивается, необходимо пересмотреть её конструкцию, повысить плотность заполнения и число слоёв стенки, особенно для первого яруса, на который приходится максимальная нагрузка. Аналогичным образом следует укрепить и увеличить толщину дна формы во избежание её деформации. Для улучшения показателя надёжности и безопасности следует дополнить число рёбер жёсткости, время изготовления формы при этом увеличится примерно на 25–30%.

При применении технологии заливки смеси желатин-глицерин в форму критически важным является неполное

разовое заполнение её ярусов. В процессе изготовления было установлено, что оптимальное заполнение яруса — не более 75% с возможностью для смеси отстояться и немного затвердеть. В противном случае из-за высокого гидростатического давления смеси увеличивается вероятность протекания состава между стыками ярусов и частей формы.

По мере затвердения состава необходимо осуществлять постепенное ослабление крепёжных элементов для снижения риска разрушения стенок, поскольку со временем фантом расширяется, и возникает высокая нагрузка на форму.

На последней стадии съёма фантома было обнаружено, что после отливки и затвердевания состава в мягких тканях симулятора сохранились мелкие пузырьки воздуха, что не критично снижает плотность и анатомическую схожесть мягких тканей с тканями человека. Для устранения этого недостатка необходимо снизить скорость заливки смеси в форму, а также добавить стадию вибрационной обработки (простукивания) формы для упрощения и ускорения выхода пузырьков газа из плотной среды.

В ходе оценки качества готового продукта было выяснено, что паховая область симулятора обладает недостаточной плотностью, что негативно сказывается на анатомической схожести с мягкими тканями человека и, как следствие, на качестве готового изделия. При заливке этого участка рекомендуется использовать желатин-глицериновую смесь с более высокой концентрацией желатина.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённой работы разработана технология и изготовлен симулятор для отработки навыков установки аппарата внешней фиксации КСТ при нестабильных переломах костей таза, которые могут полноценно применяться в процессе обучения и подготовки специалистов, а также при повышении квалификации сотрудников медицинского профиля.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, прочли и одобрили финальную версию рукописи перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвина Е.А. Экстренная стабилизация переломов костей таза у больных с политравмой // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2014. Т. 21, № 1. С. 19–25. doi: 10.17816/vto20140119-25
2. Агаджанян В.В., Милуков А.Ю., и др. Оценка результатов лечения больных, перенёсших травму таза // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2002. № 3. С. 67–70.
3. Бондаренко А.В., Круглыхин И.В., Плотников И.А., и др. Особенности лечения повреждений таза при политравме // Политравма. 2014. № 3. С. 46–57.
4. Бесаев Г.М. Повреждения таза у пострадавших с множественной и сочетанной травмой: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Санкт-Петербург, 1999.
5. Крюков Е.В., Брижань Л.К., Давыдов Д.В., и др. Применение современных отечественных комплектов для лечения раненых и пострадавших с боевой патологией опорно-двигательной системы // 3-й Азиатско-Тихоокеанский Конгресс по военной медицине; Август 8–12, 2016; Санкт-Петербург, Россия. Санкт-Петербург, 2016. С. 80–81. Режим доступа: <https://mil.ru/medkongress.htm>. Дата обращения: 13.01.2023.
6. Донченко С.В., Дубров В.Э., Слияков Л.Ю., и др. Алгоритм хирургического лечения нестабильных повреждений тазового кольца // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2013. Т. 20, № 4. С. 9–16. doi: 10.17816/vto2013049-16
7. Драган К.А. Лечение пациентов с переломами костей таза // Сб. тезисов Международной конференции «Травма 2017: мультидисциплинарный подход»; Ноябрь 3–4, 2017; Москва, Россия. Москва – Воронеж: Научная книга, 2017. С. 36–37. Режим доступа: [https://2017.trauma.pro/public/uploads/TRAUMA\\_2017/TRAUMA\\_2017\\_abstracts.pdf](https://2017.trauma.pro/public/uploads/TRAUMA_2017/TRAUMA_2017_abstracts.pdf). Дата обращения: 13.01.2023.
8. Гринь А.А., Рунков А.В., Шлыков И.Л. Выбор операционного доступа при лечении двухколонных переломов вертлужной впадины // Травматология и ортопедия России. 2014. Т. 20, № 1. С. 92–97. doi: 10.21823/2311-2905-49
9. Дыдыкин А.В. Хирургическая стабилизация таза при травмах. Санкт-Петербург, 2001. Отчёт о НИР № 200077, п. 5.
10. Ahovalo J.A., Kiuru M.J., Visuri T. Fatigue stress fractures of the sacrum: diagnosis with MR imaging // *Eur Radiol*. 2004. Vol. 14, N 3. P. 500–505. doi: 10.1007/s00330-003-1989-2
11. Кушнарев С.В., Железняк И.С., Кравчук В.Н., и др. Применение 3D-моделей сердца, созданных на основе DICOM-изображений, в медицинской практике // Лучевая диагностика и терапия. 2020. Т. 11, № 3. С. 7–13. doi: 10.22328/2079-5343-2020-11-3-7-13
12. Stibolt R.D. Jr., Patel H.A., Huntley S.R., et al. Total hip arthroplasty for posttraumatic osteoarthritis following acetabular fracture: A systematic review of characteristics, outcomes, and complications // *Chin J Traumatol*. 2018. Vol. 21, N 3. P. 176–181. doi: 10.1016/j.cjtee.2018.02.004
13. Дятлов М.М. Сложные повреждения таза. Что делать? Гомель: ГомГМУ, 2006. С. 69–74.
14. Тимофеев М.Е., Шаповальянц С.Г., Полушкин В.Г., и др. Медицинские симуляторы: история развития, классификация, результаты применения, организация симуляционного образования // Вестник Новгородского государственного университета. 2015. Т. 85, № 2. С. 53–59.
15. Кушнарев С.В., Ширшин А.В. Создание трехмерных физических моделей на основе изображений компьютерной томографии (первый опыт) // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2018. Т. 37, № 4. С. 53–56.
16. Вильчевская А.Е., Лобода А.Н., Суворов В.В. Создание 3D модели сердца // Мат-лы научной конференции с международным участием «Неделя науки СПбПУ»; Ноябрь 18–23, 2019; Санкт-Петербург, Россия. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 139–141. Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_43055538\\_98862588.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43055538_98862588.pdf). Дата обращения: 13.01.2023.
17. Белодедов В.Е. 3D Реконструкция черепа человека на основе анализа КТ-изображений // Сб. статей по мат-лам ССХV Международной научно-практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы»; Июнь 7, 2021; Москва, Россия. Москва: Интернаука, 2021. С. 497–500. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46256199>. Дата обращения: 13.01.2023.
18. Никитина Л.Л., Гаврилова О.Е. Перспективы использования современных технологий 3d-печати в производстве изделий легкой промышленности из полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 7. С. 224–226.
19. Никитин А.С., Зорин В.А., Тимофеева А.Г. Анализ возможности использования модифицированного вторичного АБС-пластика при производстве деталей транспортно-технологических машин // Механизация и автоматизация строительства. 2020. С. 191–196. Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44616542\\_72474801.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44616542_72474801.pdf). Дата обращения: 13.01.2023.

## REFERENCES

1. Litvina EA. Emergent Stabilization of Pelvic Bones Fractures in Polytrauma. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2014;21(1):19–25. (In Russ). doi: 10.17816/vto20140119-25
2. Agadzhanian VV, Milyukov AYU, Pronskikh AA, et al. Otsenka rezul'tatov lecheniya bol'nykh, perenesshikh travmu taza. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2002;(3):67–70. (In Russ).
3. Bondarenko AV, Kruglykhin IV, Plotnikov IA, et al. Features of treatment of pelvic injuries in polytrauma. *Polytrauma*. 2014;(3):46–57. (In Russ).
4. Besaev GM. *Povrezhdeniya taza u postradavshikh s mnozhestvennoi i sochetannoi travmoi* [dissertation]. St. Petersburg; 1999. (In Russ).
5. Kryukov EV, Brizhan' LK, Davydov DV, et al. Primenenie sovremennykh otechestvennykh komplektov dlya lecheniya ranenykh i postradavshikh s boevoi patologiei oporno-dvigatel'noi sistemy. 3rd Asia-Pacific Congress on Military Medicine; 2016 Aug 8–12; St. Petersburg, Russia. St. Petersburg; 2016. P. 80–81. Available from: <https://mil.ru/medkongress.htm>. Accessed: 13.01.2023. (In Russ).
6. Donchenko SV, Dubrov VE, Slinyakov LYU, et al. Surgical treatment for unstable pelvic ring injuries. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2013;20(4):9–16. (In Russ). doi: 10.17816/vto2013049-16
7. Dragan KA. Lechenie pacientov s perelomami kostey taza. Abstracts of the International Conference «Trauma 2017: mul'tidisciplinarny podhod»; 2017 Nov 3–4; Moscow, Russia. Moscow – Voronezh: Nauchnaya kniga; 2017. P. 36–37. Available from: [https://2017.trauma.pro/public/uploads/TRAUMA\\_2017/TRAUMA\\_2017\\_abstracts.pdf](https://2017.trauma.pro/public/uploads/TRAUMA_2017/TRAUMA_2017_abstracts.pdf). Accessed: 13.01.2023. (In Russ).

8. Grin' AA, Runkov AV, Shlykov IL. The choice of surgical approach in the treatment of two-column acetabular fractures. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2014;20(1):92–97. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-49
9. Dydykin AV. Hirurgicheskaya stabilizatsiya taza pri travmah. St. Petersburg; 2001. Research Report No. 200077, Item 5. (In Russ).
10. Ahovu JA, Kiuru MJ, Visuri T. Fatigue stress fractures of the sacrum: diagnosis with MR imaging. *Eur Radiol*. 2004;14(3):500–505. doi: 10.1007/s00330-003-1989-2
11. Kushnarev SV, Zheleznyak IS, Kravchuk VN, et al. An application of 3D heart models created on DICOM data in medical practice. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020;11(3):7–13. (In Russ). doi: 10.22328/2079-5343-2020-11-3-7-13
12. Stibolt RD Jr, Patel HA, Huntley SR, et al. Total hip arthroplasty for posttraumatic osteoarthritis following acetabular fracture: A systematic review of characteristics, outcomes, and complications. *Chin J Traumatol*. 2018;21(3):176–181. doi: 10.1016/j.cjtee.2018.02.004
13. Dyatlov MM. *Slozhnye povrezhdeniya taza. Chto delat'?* Gomel: GomGMU; 2006. P. 69–74. (In Russ).
14. Timofeev ME, Shapoval'yants SG, Polushkin VG, et al. Medical simulators: history of development, classification, results of application, organization of simulation education. *Vestnik NovSU*. 2015;85(2):53–59. (In Russ).
15. Kushnarev SV, Shirnin AV. Creation of three-dimensional physical models based on CT images (first experience). *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2018;37(4):53–56. (In Russ).
16. Vilchevskaya AE, Lobova AN, Suvorov VV. Sozdanie 3D modeli serdtsa. Proceedings of a scientific conference with international participation «Nedelya nauki SPbPU»; 18–23 Nov, 2019; St. Petersburg, Russia. St. Petersburg: POLITEKh-PRESS; 2019. P. 139–141. Available from: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_43055538\\_98862588.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43055538_98862588.pdf). Accessed: 13.01.2023. (In Russ).
17. Belodedov VE. Rekonstruktsiya cherepa cheloveka na osnove analiza KT-izobrazhenii. Collection of articles based on the materials of the CCXV International scientific and practical conference «Molodoi issledovatel': vyzovy i perspektivy»; 7 Jun, 2021; Moscow, Russia. Moscow: Internauka; 2021. P. 497–500. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46256199>. Accessed: 13.01.2023. (In Russ).
18. Nikitina LL, Gavrilova OE. Prospects for the use of modern 3D printing technologies in the production of light industry products made of polymer materials. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015;18(7):224–226. (In Russ).
19. Nikitin AS, Zorin VA, Timofeeva AG. Analysis of the possibility of using modified secondary ABS plastic in the production of parts of transport and technological machines. *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya stroitel'stva*. 2020:191–196. Available from: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44616542\\_72474801.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44616542_72474801.pdf). Accessed: 13.01.2023. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

**Пармонов Тимофей Андреевич**, ефрейтор, старший оператор; e-mail: wfakgreenfurr@mail

**Маркин Илья Владимирович**, к.т.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9334-910X>; eLibrary SPIN: 6021-7645; e-mail: ilya.markin.92@bk.ru

**Ан Владимир Робертович**, ефрейтор, оператор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2459-4061>; e-mail: vovan2011nsk@mail.ru

**Кушнарев Сергей Владимирович**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2841-2990>; eLibrary SPIN: 5859-0480; e-mail: s.v.kushnarev@yandex.ru

**Потапов Пётр Кириллович**, к.м.н.; eLibrary SPIN: 5979-4490; e-mail: forwardspb@mail.ru

**Ведищев Кирилл Алексеевич**, ефрейтор, старший оператор; eLibrary SPIN: 5649-7463; e-mail: vedishev@mail.ru

**Варламова Наталья Валерьевна**, д.т.н., старший научный сотрудник; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6100-2427>; eLibrary SPIN: 9139-6019; e-mail: varlamova@tpu.ru

**Музафаров Артур Раузитович**, ефрейтор, старший оператор; e-mail: arturmuzaf@yandex.ru

**Байкиев Ренат Рафаэлевич**, ефрейтор, старший оператор; e-mail: baikievrenat@gmail.com

**Журбин Евгений Александрович**, к.м.н.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0867-3838>; eLibrary SPIN: 8426-1354; e-mail: zhurbin-90@mail.ru

**Отавин Денис Алексеевич**, ефрейтор, старший оператор; e-mail: denizotavin@yandex.ru

**\*Забирова Ираида Амуровна**, инженер; адрес: Россия, 353456, Анапа, Пионерский пр., д. 41; e-mail: varlamova@tpu.ru

## AUTHORS INFO

**Timofey A. Paramonov**, corporal, senior operator; e-mail: wfakgreenfurr@mail

**Ilya V. Markin**, MD, Cand. Sci. (Tech.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9334-910X>; eLibrary SPIN: 6021-7645; e-mail: ilya.markin.92@bk.ru

**Vladimir R. An**, corporal, operator; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2459-4061>; e-mail: vovan2011nsk@mail.ru

**Sergei V. Kushnarev**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2841-2990>; eLibrary SPIN: 5859-0480; e-mail: s.v.kushnarev@yandex.ru

**Pyotr K. Potapov**, MD, Cand. Sci. (Med.); eLibrary SPIN: 5979-4490; e-mail: forwardspb@mail.ru

**Kirill A. Vedishev**, corporal, senior operator; eLibrary SPIN: 5649-7463; e-mail: vedishev@mail.ru

**Natalia V. Varlamova**, MD, Dr. Sci. (Tech.), senior researcher; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6100-2427>; eLibrary SPIN: 9139-6019; e-mail: varlamova@tpu.ru

**Artur R. Muzafarov**, corporal, senior operator; e-mail: arturmuzaf@yandex.ru

**Renat R. Baikiev**, corporal, senior operator; e-mail: baikievrenat@gmail.com

**Evgeniy A. Zhurbin**, MD, Cand. Sci. (Med.); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0867-3838>; eLibrary SPIN: 8426-1354; e-mail: zhurbin-90@mail.ru

**Denis A. Otavin**, corporal, senior operator; e-mail: denizotavin@yandex.ru

**\*Iraida A. Zairova**, engineer; address: 41 Pionersky Pr., 353456, Anapa, Russia; e-mail: i.zairova@yandex.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108842>

## Тотальная резекция лонного сочленения у пациентки с послеродовым симфизитом: клинический случай

Я.Г. Гудушаури, М.Г. Какабадзе, А.Ф. Лазарев, В.В. Коновалов, Е.И. Калинин, И.Н. Марычев

НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Полный разрыв симфиза в родах — редкое, но серьёзное осложнение с частотой 0,03–3%. Небольшие частичные разрывы с незначительными расхождениями — это область консервативной терапии с использованием тазового бандажа. В случае более крупных разрывов симфиза его следует лечить хирургическим вмешательством и фиксацией.

**Описание клинического случая.** Представлен клинический случай успешной ортопедической коррекции симфизита после родоразрешения путём кесарева сечения. Пациентке 25 лет выполнена тотальная резекция лонного сочленения супраацетабулярной фиксацией аппаратом внешней фиксации стержневой компоновки в течение 12 нед.

**Заключение.** Применение в совокупности нескольких оперативных методик с пластикой дефекта остеопластическим биокомпозиционным материалом «КоллапАн-С», применяемым для восстановления костной ткани, позволило достигнуть долгосрочного положительного результата.

**Ключевые слова:** таз; послеродовый симфизит; хирургия таза; лонное сочленение; клинический случай.

### Как цитировать:

Гудушаури Я.Г., Какабадзе М.Г., Лазарев А.Ф., Коновалов В.В., Калинин Е.И., Марычев И.Н. Тотальная резекция лонного сочленения у пациентки с послеродовым симфизитом: клинический случай // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 289–296. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108842>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108842>

## Total resection of the symphysis pubis in a patient with postpartum symphysisitis: clinical case

Yago G. Gudushauri, Malkhaz G. Kakabadze, Anatoly F. Lazarev, Vyacheslav V. Konovalov, Evgeny I. Kalinin, Ivan N. Marychev

Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Complete rupture of the symphysis during childbirth is a rare but serious complication, with a frequency of 0.03%–3%. Small partial tears with minor discrepancies are an indication of conservative therapy, which only requires the use of a pelvic brace. Larger symphyseal tears should be treated with surgery and fixation.

**CLINICAL CASE DESCRIPTION:** This report presents a clinical case of successful orthopedic correction of symphysisitis after delivery by cesarean section. A 25-year-old patient underwent total resection of the symphysis pubis with supra-acetabular fixation and external fixation device of a rod arrangement for 12 weeks.

**CONCLUSION:** Several surgical techniques in combination with defect plasty with biocomposite material KollapAn-C made it possible to achieve a long-term positive result.

**Keywords:** pelvis; postpartum symphysisitis; pelvic surgery; pubic articulation; clinical case.

### To cite this article:

Gudushauri YG, Kakabadze MG, Lazarev AF, Konovalov VV, Kalinin EI, Marychev IN. Total resection of the symphysis pubis in a patient with postpartum symphysisitis: clinical case. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):289–296. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108842>

Received: 19.06.2022

Accepted: 23.11.2022

Published: 10.01.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

Таз является сложной биомеханической системой, состоящий из подсистем и структурных элементов. Его внутренние взаимосвязи обеспечивают устойчивость функционирования системы в целом. Основная функция таза — трансформация больших нагрузок в малые перемещения. Симфизит — это изменения, обусловленные воспалительным процессом, приводящие к структурно-функциональным нарушениям в лобковом симфизе и имеющие определённую клиническую и рентгенологическую симптоматику. Лонное сочленение (лобковый симфиз) — это вторично-хрящевой сустав (амфиартроз) с минимальной, почти нулевой, подвижностью.

Несмотря на то, что таз состоит из нескольких костных компонентов, в нём имеется незначительная подвижность, и то лишь в ограниченной степени между крестцом и копчиком (отклонение копчика назад при родах), а также в лонном сочленении (расхождение до 0,5 см при родах). Во всех остальных случаях компоненты таза остаются неподвижными по отношению друг к другу. Хирургия таза — одно из динамически развивающихся направлений современной травматологии и ортопедии. Если в лобковом симфизе имеется смещение, диастаз двух лобковых костей ведёт к раздвижению двух подвздошных костей так, что крестец, будучи фиксирован менее плотно, может сместиться вперед. Каждый раз при движении одна из нижних конечностей создает опору, тазовое кольцо смещается и становится центром движения, сдвигая лобковый симфиз: любая асимметрия на любом уровне нарушает структуру в целом и снижает её механическую устойчивость [1–4]. Устойчивость в области сочленений и максимального по величине нагрузки контакта обеспечивается наличием хрящевой ткани, которая защищает кость от механических воздействий, таких как давление в месте крестцово-подвздошных сочленений и растяжение, срезающие нагрузки в области лонного сочленения, а также за счёт наличия укрепляющего тазовое кольцо фиброзно-мышечного аппарата в области каждого из сочленений [5, 6]. Это образование состоит из связок, фиброзных волокон, расположенных согласно векторам основных нагрузок, сухожильных волокон и разных мышечных групп. Передняя часть тазового кольца, то есть симфиз, является структурой, обеспечивающей стабильность таза посредством направленности сил как на арку, препятствующую расхождению тазового кольца. Таким образом, каждый сегмент тазового кольца выполняет определённую функцию, направленную на сохранение стабильности той или иной части таза.

Исследование причин, приводящих к развитию патологических изменений лонного сочленения, проводились на протяжении многих лет. Несмотря на это, в литературе описано небольшое число случаев расхождения и разрывов лонного сочленения, и ещё меньше работ посвящено

выявлению причин и анализу факторов риска развития этой патологии [7, 8]. Наиболее частой причиной в послеродовом периоде является появление тазовой боли, которое обусловлено травматическим повреждением лонного сочленения, остеопорозом и рецидивом перенесённого во время беременности симфизита.

К факторам риска возникновения тазовой боли относятся хронические, воспалительные, генитальные и экстрагенитальные заболевания, инфекции, передающиеся половым путём, тиреотоксикоз, повышенная ломкость костей, длительный первый период родов, длительный безводный период, применение утеротонических средств, дистония плечиков. Родоразрешение путём кесарева сечения не предотвращает рецидива симфизита у рожениц [9, 10].

В доступной медицинской литературе нам не удалось найти описания клинических случаев и способов ортопедической коррекции послеродового симфизита. В связи с редкой встречаемостью рассматриваемой патологии приводим собственное наблюдение с длительным положительным клиническим результатом лечения.

## КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

### О пациенте

Пациентка С., 25 лет, 1-е роды, симфизит, выявленный в III триместре, родоразрешение через кесарево сечение, масса ребёнка при рождении 3720 г, окружность головы 36 см, длина тела 52 см. Родовые травмы у ребёнка отсутствовали.

Из *anamneza* известно, что боль в области лонного сочленения начала беспокоить в III триместре беременности. После родоразрешения путём кесарева сечения (27.09.2017) боль значительно усилилась, наблюдалось ежедневное повышение температуры тела до 38,8 °С. На рентгенограммах костей таза обнаружено расхождение лонных ветвей до 4 см (рис. 1).

*Жалобы* при поступлении в 1-е отделение НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова (Москва): боль локализуется в области симфиза, паравертебральных мышцах, ягодицах. При пальпации отмечается отёк и набухание над лоном, щель, передвигаться самостоятельно без средств ортопедического пособия болезненно, походка переваливающаяся, с характерными короткими шагами, боль, иррадиирующая в низ живота, спину, пах, промежность. Невозможность совершать активные движения в нижних конечностях. Немотивированная утомляемость, положительные признаки Лассега и Патрика с обеих сторон, диспареуния, затруднённый акт дефекации.

### Техника операции

Положение больной лёжа на спине. Перед операцией в обязательном порядке был установлен мочевого катетер, который помогает в определении расположения



**Рис. 1.** Обзорная рентгенограмма костей таза пациентки С. Диастаз между лонными костями более 4 см, отмечается нечёткость суставных поверхностей лобковых костей за счёт поверхностных костных эрозий, симметричное распространение процесса на разное расстояние от лобкового симфиза.

**Fig. 1.** Plain radiograph of the pelvic bones of patient S. Diastasis between the lumbar bones is more than 4 cm, there is a fuzziness of the articular surfaces of the pubic bones due to superficial bone erosion, a symmetrical spread of the process at different distances from the pubic symphysis.

мочеиспускательного канала и дна мочевого пузыря. Надлобковым горизонтальным разрезом (доступ по Барденхойеру) обнажили симфиз с прилежащими участками лобковых костей, выявили очаговое изменение костной структуры, нечёткость суставных поверхностей лонных ветвей за счёт костной эрозии, расхождение лобковых костей до 4 см. При ревизии попытка их сблизить и удержать не увенчалась успехом, поскольку имело место изменение костной структуры вследствие выраженного остеоита в виде казеозной массы. Выполнена тотальная резекция симфиза. Дефект между лобковыми костями заполнен гранулами остеопластического биокомпозиционного материала «КоллапАн-С» (Интермедапатит, Россия), применяемого для восстановления костной ткани,

продолгированно выделяющего коллоидное серебро. Конечным этапом операции была произведена стабилизация переднего полукольца таза аппаратом стержневой компоновки Малахова–Кожевникова–Цуканова (рис. 2).

### Динамика и исходы

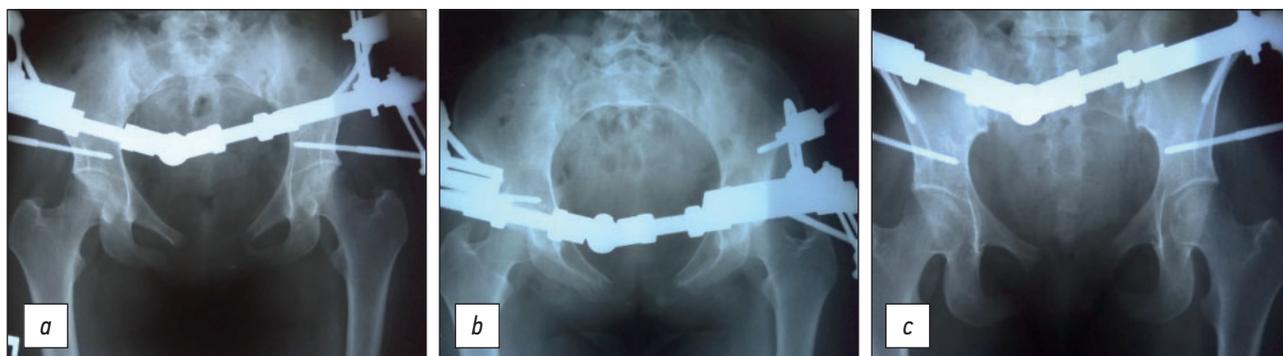
На 1-е сут после операции у пациентки нормализовалась температура тела (до 36,7 °С). Боль, иррадирующая в низ живота, поясницу и промежность, купировалась. Вертикализация пациентки началась на 3-е сут после вмешательства. Спустя 12 нед был произведён демонтаж аппарата внешней фиксации. Боль в лонной, ягодичной области, иррадирующая в низ живота, спину, пах, промежность, полностью купировалась. При контрольном осмотре спустя 4 мес после операции (рис. 3, 4) отмечен удовлетворительный исход, пациентка вернулась к нормальному образу жизни.

Отдалённый результат мы оценивали спустя 4 года после операции (рис. 5, 6) с использованием шкалы Majeed (табл. 1) [11]. Конечный функциональный результат составил 75 баллов. Пациентка результатом довольна, вышеизложенные жалобы отсутствуют.

Данная методика позволяет достигнуть положительного результата с купированием воспалительного процесса, болевого синдрома и нормализацией качества жизни пациентки. Представленная тактика выполнения оперативного вмешательства не является общепринятой, но её результаты дают основание рекомендовать методику к более широкому использованию в хирургической травматолого-ортопедической практике.

### Прогноз

До- и послеоперационную оценку функции тазового кольца производили по оценочной шкале Majeed [11]. Показатель оперативного лечения составил 40, через 4 мес после операции — 61, через 4 года — 75 баллов. На момент последней консультации у пациентки походка правильная. Проводились провоцирующие тесты



**Рис. 2.** Рентгенограммы пациентки С. после операции тотальной резекции лонных ветвей, замещения дефекта пластическим материалом «КоллапАн-С», стабилизации тазового кольца аппаратом внешней фиксации стержневой конструкции Малахова–Кожевникова–Цуканова: а) прямая, б) каудальная, с) краниальная проекция.

**Fig. 2.** Radiographs of patient S. after surgery: total resection of the pubic rami, replacement of the defect with plastic material Kollapan S, stabilization of the pelvic ring with an external fixation device of the MCC rod structure: a) straight line; b) caudal; and c) cranial projections.



Рис. 3. Рентгенограммы пациентки С. через 4 мес после операции.

Fig. 3. Radiographs of patient S. 4 months after operation.

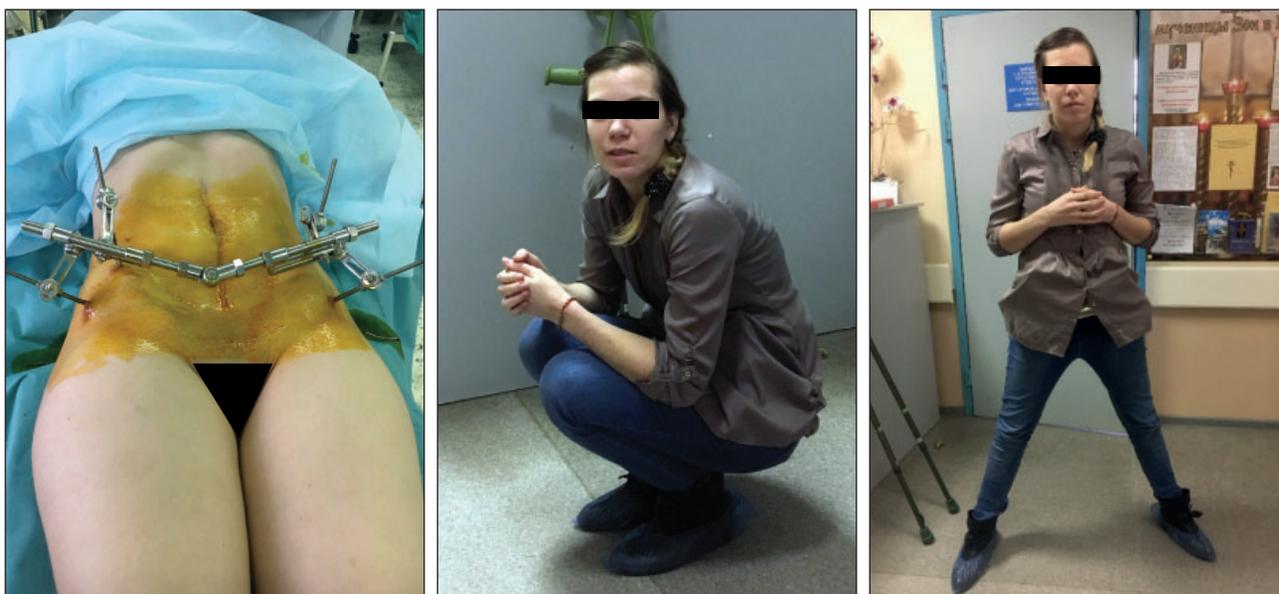


Рис. 4. Внешний вид пациентки С. через 4 мес после операции.

Fig. 4. Appearance of patient S. after 4 months after operation.



Рис. 5. Рентгенограммы таза (краниальная, прямая и каудальная) пациентки С. через 4 года после операции.

Fig. 5. Radiographs of the pelvis (cranial, straight and caudal) of patient S. 4 years after surgery.

(признаки Лассега и Патрика, симптом Лозинского, Ларя и Вернейля), во всех случаях боль в лонной, ягодичной области, иррадиирующая в низ живота, спину, пах, промежность, полностью купировалась, отмечен удовлетворительный исход, пациентка вернулась к нормальному образу жизни.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Основная цель нашего сообщения — показать на клиническом примере результат хирургического лечения структурно-функциональных нарушений лонного сочленения у женщин.



Рис. 6. Внешний вид пациентки С. через 4 года после операции.  
Fig. 6. Appearance of the patient S. 4 years after surgery.

К. Norvilaite и соавт. [12] в своих наблюдениях исследуют 2 случая: 27-летняя женщина (беременность 1) и 32-летняя женщина (беременность 2), которые обратились в клинику после естественных вагинальных родов. У обеих пациенток беременность протекала нормально, без осложнений. Сильная боль в лобковой области возникла после родов и сопровождалась затруднённым движением. Диастаз лонного симфиза был подтверждён рентгенологически, рекомендован постельный режим с расположением в положении лёжа на боку. Для купирования обострений болевого синдрома назначали пероральные нестероидные противовоспалительные препараты. После лечения выраженность симптомов уменьшилась. Магнитно-резонансная томография после лечения в 1-м случае позволила установить уменьшение симфизарного разделения без признаков остита. Через 3 года симптомы

Таблица 1. Оценочная шкала тазовой боли [11]

Table 1. Pelvic Pain Rating Scale [11]

Критерий	Уточнение	Оценка, баллы
Боль	Нетерпимая даже в покое	0–5
	Терпимая, в период физической активности	10
	Терпимая, однако ограничивающая физический труд	15
	В период средней физической нагрузки	20
	Небольшая, периодическая, физическая активность нормальная	25
	Незначительная, периодическая или её нет	30 (макс.)
Сидение	Болезненное	0–4
	Если длительное или в неудобном положении	6
	Неудобное	8
	Безболезненное	30 (макс.)
Половой акт	Болезненный	0–1
	Если длительный и неудобный	2
	Неудобный	3
	Безболезненный	4 (макс.)
Хожжение с помощью	Прикованный или почти прикованный к постели	0–2
	Инвалидная коляска	4
	2 костыля	6
	2 трости	8
	1 трость	12
	Без помощи	12 (макс.)
Хожжение без помощи	Не ходит	0–2
	Мелкими шагами с шуршанием	4
	Значительная хромота	6
	Средняя хромота	8
	Незначительная хромота	10
	Не хромает	12 (макс.)
Расстояние хождения	Прикованный к постели, не больше нескольких метров	0–2
	Очень ограниченное во времени и пространстве	4
	Ограниченное с тростями, тяжёлое без трости, возможно длительное стояние	6
	1 ч с тростью, ограниченное без трости	8
	1 ч без трости, небольшая боль, хромота	10
	Нормальное, соответственно возрасту и комплекции	12 (макс.)

вернулись, но магнитно-резонансная томография не показала дальнейшего расширения симфиза или признаков остита. Был диагностирован рецидив дисфункции лобкового симфиза, повторно проведено консервативное лечение, приведшее к успешному выздоровлению. Во 2-м случае боль возобновилась при повторном зачатии. На этот раз никаких преимуществ после консервативного лечения не наблюдалось. Постоянная боль и затруднённая двигательная активность привели к сколиотической деформации поясничного отдела позвоночника и несоответствию длины ног, поэтому было выбрано хирургическое лечение (проведён металлодез переднего полукольца таза) [12].

Биомеханическое исследование стабильности фиксации при разрывах симфиза показало, что оптимальная прочность симфиза достигается при экстракорткальном остеосинтезе, внутренняя фиксация менее эффективна, но достаточно стабильна, чтобы вести больных после операции без применения иммобилизации [13].

Своевременное обнаружение симптомов и постановка диагноза имеют большое значение для стратегии раннего лечения и могут замедлить прогрессирование состояния.

За последние десятилетия проблема повреждений таза претерпела существенные изменения, обусловленные прогрессом медицинской науки. Появились новые представления об этой патологии, которые привели к существенной переориентации диагностического и лечебного процесса в сторону активизации хирургической тактики. Родоразрешение путём кесарева сечения не предотвращает симфизит у родильниц, в связи с чем пациентки вынуждены повторно обращаться к врачу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нестабильность переднего полукольца таза приводит к функциональной несостоятельности тазового отдела диафрагмы (наружный сфинктер) у женщин,

а неустранённое смещение в переднем отделе тазового кольца ведёт к деформации диафрагмы таза, мочевого пузыря и уретры. У пациенток с акушерским разрывом лобкового симфиза возникает вертикальная и/или ротационная нестабильность, и хирургическая коррекция на тазовом кольце служит основным подходом к решению этой проблемы с положительным долгосрочным прогнозом.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентки (дата подписания 10.10.2017) на публикацию её медицинских данных и фотографий.

**Consent for publication.** Written consent (signed 10.10.2017) was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дятлов М.М. Сложные повреждения таза. Что делать? Руководство для врачей и студентов. Гомель: ГомГМУ, 2006.
2. Лазарев А.Ф., Гудушаури Я.Г., Костив Е.П., и др. Клинические аспекты осложнений повреждений таза // Тихоокеанский медицинский журнал. 2017. № 1. С. 17–23. doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.17-23
3. Гудушаури Я.Г., Лазарев А.Ф., Верзин А.В. Оперативная коррекция последствий акушерских разрывов лобкового симфиза // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2014. Т. 21, № 4. С. 15–21. doi: 10.17816/vto20140415-21
4. Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Гудушаури Я.Г., и др. Проблемы при фиксации застарелых повреждений переднего отдела тазового кольца // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 3. С. 5–12. doi: 10.17816/vto89514
5. Лазарев А.Ф., Верзин А.В., Солод Э.И., и др. Урологические проблемы последствий повреждения переднего полукольца таза // Остеосинтез и эндопротезирование: мат-лы III Междуна-

родной Пироговской студенческой научной медицинской конференции; Март 20, 2008; Москва. Режим доступа: [https://pirogovka.rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Conferences/Pirogovka/Sbornik\\_tezisov\\_2008.pdf](https://pirogovka.rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Conferences/Pirogovka/Sbornik_tezisov_2008.pdf). Дата обращения: 20.12.2022.

6. Стэльмах К.К. Лечение нестабильных повреждений таза // Травматология и ортопедия России. 2005. Т. 38, № 4. С. 31–38.

7. Seth S., Das B., Salhan S. A severe case of pubic symphysis diastasis in pregnancy // Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2003. Vol. 106, N 2. P. 230–232. doi: 10.1016/s0301-2115(02)00221-x

8. Гудушаури Я.Г. Оперативное лечение осложненных переломов костей таза: дис. ... докт. мед. наук. Москва, 2016. Режим доступа: <https://www.cito-priorov.ru/cito/dissovet/36/%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%20%D0%93%D1%83%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B8-1.pdf>. Дата обращения: 20.12.2022.

9. Михельсон А.Ф., Тополян Н.А., Волков А.Е. Принципы ведения больных с послеродовыми симфизитами // Актуальные вопросы

акушерства и гинекологии: Сб. науч. тр.; 2001–2002; Москва. Т. 1, № 1. С. 55–56.

10. Козлов Л.А., Ключаров И.В. Изменения лонного сочленения в акушерской практике: терминология, классификация, диагностика, врачебная тактика // Казанский медицинский журнал. 1997. Т. 78, № 3. С. 218–220. doi: 10.17816/kazmj81508

11. Majeed S.A. Grading the outcome of pelvic fractures // J Bone Joint Surg. 1989. Vol. 71, N 2. P. 304–306. doi: 10.1302/0301-620X.71B2.2925751

## REFERENCES

1. Dyatlov MM. *Slozhnye povrezhdeniya taza. Chto delat'?* Rukovodstvo dlya vrachei i studentov. Gomel': GomGMU; 2006. (In Russ).

2. Lazarev AF, Gudushauri YG, Kostiv EP, et al. Challenging issues of the doctrine of the pelvis polytrauma. *Pacific Medical Journal*. 2017;1:17–23. (In Russ). doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.1.17-233

3. Gudushayri YG, Lazarev AF, Verzin AV. Surgical Correction of the Sequelae of Obstetric Pubic Symphysis Ruptures. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2014;21(4):15–21. (In Russ). doi: 10.17816/vto20140415-21

4. Lazarev AF, Solod EI, Gudushauri YG, et al. Problems with fixing chronic injuries of the anterior pelvic ring. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(3):5–12. (In Russ). doi: 10.17816/vto89514

5. Lazarev AF, Verzin AV, Solod EI, et al. Urologicheskie problemy posledstviy povrezhdeniya perednego polukol'tsa taza. Proceedings of the III International Pirogov Student Scientific Medical Conference «Osteosintez i endoprotezirovanie»; 2008 March 20; Moscow. Available from: [https://pirogovka.rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Conferences/Pirogovka/Sbornik\\_tezisov\\_2008.pdf](https://pirogovka.rsmu.ru/fileadmin/templates/DOC/Conferences/Pirogovka/Sbornik_tezisov_2008.pdf). Accessed: 20.12.2022. (In Russ).

6. Stel'makh KK. Lechenie nestabil'nykh povrezhdenii taza. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2005;38(4):31–38. (In Russ).

7. Seth S, Das B, Sathan S. A severe case of pubic symphysis diastasis in pregnancy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2003;106(2):230–232. doi: 10.1016/s0301-2115(02)00221-x

12. Norvilaite K, Kezeviciute M, Ramasauskaitė D, et al. Postpartum pubic symphysis diastasis-conservative and surgical treatment methods, incidence of complications: Two case reports and a review of the literature // *World J Clin Cases*. 2020. Vol. 8, N 1. P. 110–119. doi: 10.12998/wjcc.v8.i1.110

13. Waikakul S, Soparat K., Harnroongroj T. Anterior stabilization in the pubic symphysis separation: a mechanical testing // *J Med Assoc Thai*. 1999. Vol. 82, N 1. P. 72–79.

8. Gudushauri YaG. *Operativnoe lechenie oslozhnennykh perelomov kostei taza* [dissertation]. Moscow; 2016. Available from: <https://www.cito-priorov.ru/cito/dissovet/36/%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%20%D0%93%D1%83%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%B0%D1%83%D1%80%D0%B8-1.pdf>. Accessed: 20.12.2022. (In Russ).

9. Mikhail'son AF, Topolyan HA, Volkov AE. Printsipy vedeniya bol'nykh s poslerodovymi simfizitami. Collection of Scientific Works «Aktual'nye voprosy akusherstva i ginekologii»; 2001–2002; Moscow. Vol. 1, N 1. P. 55–56. (In Russ).

10. Kozlov LA, Klyucharov IV. Changes of the pubic joint in obstetric practice: terminology, classification, diagnosis, and medical tactics. *Kazan medical journal*. 1997;78(3):218–220. (In Russ). doi: 10.17816/kazmj81508

11. Majeed SA. Grading the outcome of pelvic fractures. *J Bone Joint Surg*. 1989;71(2):304–306. doi: 10.1302/0301-620X.71B2.2925751

12. Norvilaite K, Kezeviciute M, Ramasauskaitė D, et al. Postpartum pubic symphysis diastasis-conservative and surgical treatment methods, incidence of complications: Two case reports and a review of the literature. *World J Clin Cases*. 2020;8(1):110–119. doi: 10.12998/wjcc.v8.i1.110

13. Waikakul S, Soparat K, Harnroongroj T. Anterior stabilization in the pubic symphysis separation: a mechanical testing. *J Med Assoc Thai*. 1999;82(1):72–79.

## ОБ АВТОРАХ

**Гудушаури Яго Гогиевич**, д.м.н.,  
врач травматолог-ортопед; e-mail: gogich71@mail.ru

**Какабадзе Малхазы Гурамович**, к.м.н.,  
врач травматолог-ортопед; e-mail: malkhaz@mail.ru

**Лазарев Анатолий Фёдорович**, д.м.н., профессор,  
врач травматолог-ортопед;  
e-mail: lazarev.anatoly@gmail.com

\* **Коновалов Вячеслав Валерьевич**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8954-9192>;  
eLibrary SPIN: 9552-2408; e-mail: slava2801@yandex.ru

**Калинин Евгений Игоревич**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2766-5670>;  
eLibrary SPIN: 6659-2285; e-mail: Kalinin\_evgeny@mail.ru

**Марычев Иван Николаевич**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5268-4972>;  
eLibrary SPIN: 9151-7883; e-mail: dr.ivan.marychev@mail.ru

## AUTHORS INFO

**Yago G. Gudushauri**, MD, Dr. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist; e-mail: gogich71@mail.ru

**Malkhaz G. Kakabadze**, MD, Cand., Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist; e-mail: malkhaz@mail.ru

**Anatoly F. Lazarev**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
traumatologist-orthopedist;  
e-mail: lazarev.anatoly@gmail.com

\* **Vyacheslav V. Kononov**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8954-9192>;  
eLibrary SPIN: 9552-2408; e-mail: slava2801@yandex.ru

**Evgeny I. Kalinin**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2766-5670>;  
eLibrary SPIN: 6659-2285; e-mail: Kalinin\_evgeny@mail.ru

**Ivan N. Marychev**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5268-4972>;  
eLibrary SPIN: 9151-7883; e-mail: dr.ivan.marychev@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto121358>

# Низкоэнергетический перелом проксимального отдела бедренной кости у лиц старших возрастных групп как фактор избыточной смертности: обзор литературы

С.С. Родионова<sup>1</sup>, Х.З.А. Аси<sup>2</sup>, А.В. Кривова<sup>2</sup>, М.А. Самарин<sup>2</sup>, И.А. Соломянник<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Тверской государственный медицинский университет, Тверь, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

С учётом увеличения числа пациентов, страдающих остеопорозом и, соответственно, переломов на его фоне, смертность как возможный исход перелома является крайне актуальной проблемой как для самого пациента, так и для системы здравоохранения в целом. Показатель смертности после перелома проксимального отдела бедренной кости, особенно в первые 6 мес, складывается из смертей, прямо или косвенно связанных с переломом, и смертей, вызванных сопутствующими заболеваниями. Влияние этих двух составляющих смертности до настоящего времени остаётся предметом дискуссии. Целью настоящего обзора стал анализ влияния факторов, прямо или косвенно связанных с самим событием перелома проксимального отдела бедренной кости в контексте его влияния на избыточную смертность.

**Ключевые слова:** остеопороз; низкоэнергетические переломы проксимального отдела бедренной кости; избыточная смертность; факторы избыточной смертности.

## Как цитировать:

Родионова С.С., Аси Х.З.А., Кривова А.В., Самарин М.А., Соломянник И.А. Низкоэнергетический перелом проксимального отдела бедренной кости у лиц старших возрастных групп как фактор избыточной смертности: обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 297–306. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto121358>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto121358>

# Low-energy fracture of the proximal femur in older age groups as a factor of excess mortality: literature review

Svetlana S. Rodionova<sup>1</sup>, Zaid A. Asi Habiballah<sup>2</sup>, Alla V. Krivova<sup>2</sup>, Mikhail A. Samarin<sup>2</sup>, Irina A. Solomyannik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Tver State Medical University, Tver, Russia

## ABSTRACT

Taking into account the increasing number of patients with osteoporosis and, accordingly, related fractures, mortality, as a possible outcome of a fracture, is an extremely urgent problem for both the patient and healthcare system. The mortality rate after a proximal femoral fracture, especially in the first 6 months, includes deaths directly, or indirectly associated with the fracture and deaths due to concomitant diseases. The influence of these two components of mortality remains a subject of discussion. This review aimed to analyze the influence of factors directly or indirectly associated with a fracture of the proximal femur and mortality.

**Keywords:** osteoporosis; low-energy fractures of the proximal femur; excess mortality; excess mortality factors.

## To cite this article:

Rodionova SS, Habiballah ZAA, Krivova AV, Samarin MA, Solomyannik IA. Low-energy fracture of the proximal femur in older age groups as a factor of excess mortality: literature review. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):297–306. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto121358>

Received: 16.12.2022

Accepted: 27.12.2022

Published: 26.01.2023

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Высокая смертность, а у выживших пациентов — снижение качества жизни и невозможность возвращения к уровню физической активности, имевшей место до перелома — являются факторами, которые определяют перелом проксимального отдела бедренной кости (ППОБК) как наиболее грозное осложнение остеопороза [1, 2]. Пациенты с переломом этой локализации имеют меньшую ожидаемую продолжительность жизни по сравнению с общей популяцией [3] и, вне связи с полом, избыточную кратко- и долгосрочную смертность от всех причин [4]. Летальный исход у этой категории пациентов в первый год после травмы наступает в 15–20 раз чаще, чем у здоровых лиц того же возраста [5]. Только госпитальная летальность у пациентов с ППОБК достигает 10% [6]. В течение первого года после перелома уровень смертности колеблется от 20 до 37% [7, 8]. Большинство смертей при переломе шейки бедра происходит в первые 3–6 мес после события [9–11] и складывается из смертей, прямо или косвенно связанных с переломом, и смертей, вызванных сопутствующими заболеваниями [12]. Разграничение этих двух составляющих смертности [13] до настоящего времени остаётся предметом дискуссии.

Проводящиеся эпидемиологические исследования свидетельствуют, что на показатели смертности при ППОБК, помимо коморбидности и полипрагмазии, влияет ряд факторов, связанных непосредственно с переломом, включая организацию лечения перелома у лиц пожилого возраста. Обсуждается воздействие на исходы переломов бедренной кости таких параметров, как срок вмешательства, квалификация хирурга, тип хирургического вмешательства, наличие или отсутствие гериатра в составе ортопедического отделения [14–17], а также инициация лечения остеопороза после перелома [18]. Для большинства пациентов старших возрастных групп именно перелом бедренной кости зачастую служит проявлением остеопороза и основанием для начала его лечения [19].

Необходимо отметить, что несмотря на совершенствование оказания помощи при ППОБК, тенденции к снижению смертности не наблюдаются. В исследовании S. Mundi и соавт. [20] показано, что средний однолетний коэффициент смертности практически не меняется с 1980 года: 24% — в 1980-е, 23% — в 1990-е, 21% — после 1999 года ( $p=0,7$ ).

## ПРИЧИНЫ «СТАБИЛЬНОСТИ» ПОКАЗАТЕЛЯ СМЕРТНОСТИ

В качестве причины «стабильности» показателя смертности и продолжающегося роста числа переломов ряд исследователей рассматривают такой фактор, как увеличение продолжительности жизни и, соответственно, популяции лиц пожилого и старческого

возраста [21], что характерно и для России в том числе [22]. Серьёзным аргументом в пользу этого мнения служит тот факт, что у пациентов старших возрастных групп с низкоэнергетическими переломами шейки бедренной кости уровень смертности выше не только в сравнении с таковым населения в целом, но и по сравнению со смертностью в соответствующих возрастных группах [23]. Однако доминирование возраста как фактора риска смерти разделяют не все исследователи. Существует точка зрения, что возраст как фактор риска перелома и возможной смертности следует рассматривать только в связи с сопутствующими заболеваниями и физическими возможностями, то есть, с физическим и функциональным здоровьем или биологическим старением, имевшими место до перелома [24]. Так, в исследовании Н.Е. Меуер и соавт. при изучении связи между факторами риска и смертностью установлено, что здоровые до перелома пациенты не имеют повышенной смертности после перелома шейки бедра [12]. Когорту с оценкой общей смертности авторы наблюдали в течение 3,5 лет. Увеличение уровня смертности по сравнению с контрольной группой было обнаружено у пациентов с переломом шейки бедра, имевших психические отклонения (отношение рисков,  $OR=2,3$ ; 95% доверительный интервал, 95% ДИ 1,4–3,7), с ослабленным соматическим здоровьем ( $OR=3,3$ ; 95% ДИ 1,8–6,1), низкими физическими способностями и не гулявших на улице до перелома ( $OR=3,2$ ; 95% ДИ 2,0–5,1). Ограничением цитируемого исследования является небольшой размер выборки (248 переломов), что, по мнению авторов, могло оказать влияние на статистическую значимость отмеченных различий.

Коморбидность определила целесообразность междисциплинарного подхода к лечению переломов, осложняющих течение остеопороза. Этот подход получил своё развитие в ортогериатрической модели лечения, которая в последние годы стала доминирующей в Европе и США и, как оказалось, он значительно улучшает клинические исходы у пожилых людей с переломами шейки бедра. Так, в обсервационном исследовании M. Varoni и соавт. [17] проведено сравнение влияния различных моделей гериатрической вовлечённости на смертность. Сравнивали модель совместного ведения пациента ортопедом и гериатром (ортогериатрическая модель) с группой пациентов, которым применяли только гериатрическую консультацию, и группой, где лечение проводилось только ортопедом. Авторы обнаружили, что внутрибольничная смертность оказалась ниже при использовании ортогериатрической модели (1,8%) и модели с привлечением гериатра (0,9%) по сравнению с группой пациентов, которых лечил только ортопед (3,3%;  $p \leq 0,0001$ ). Совместное лечение пациентов ортопедом и гериатром снизило смертность за 1 год на 16,4 и 13,1% соответственно против 23,1% в группе, где лечение проводил только ортопед. Ортогериатрическая модель лечения

ППОБК считается оправданной прежде всего из-за наличия у пожилых пациентов сопутствующей патологии и полипрагмазии [25].

## УСЛОВИЯ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И ПОКАЗАТЕЛИ СМЕРТНОСТИ

Обсуждается также влияние на избыточную смертность при переломах этой локализации таких факторов, как уход и условия оказания медицинской помощи. Проспективный аудит процесса и результатов лечения, проведённый одновременно в 8 травматологических стационарах [11], не показал существенных различий в частоте инфицирования тазобедренного сустава, раневой инфекции, тромбозмболии лёгочной артерии, тромбоза глубоких вен, инфаркта миокарда, инфекции мочевыводящих путей, пневмонии или повторных операций, но уровень смертности между учреждениями через 90 сут оказался различным и колебался от 5 до 24%. В 1 из 8 травматологических стационаров выживаемость была значительно выше, чем в других (отношение шансов,  $ОШ=0,14$ ; 95% ДИ  $0,04-0,48$ ;  $p=0,0016$ ). В то же время пациенты, выбранные из каждого включённого в исследование стационара, существенно не различались по социально-демографическим переменным или собранным клиническим характеристикам, поэтому выявленные различия в уровне смертности авторы связали с функцией лечения, а именно с общим пакетом услуг без уточнения фактора, который мог бы объяснить это различие. Однако исследователи отметили, что наименьшая смертность имела место в госпитале, где пациентов с ППОБК лечила специально назначенная мультидисциплинарная бригада, с ранними хирургическими вмешательствами, большую часть которых выполнял один хирург. Кроме того, пациентов в этом госпитале рано активизировали, а выписку включали в план ведения пациента сразу после операции. И хотя эти факторы по отдельности не объясняли снижение смертности, они, по мнению авторов, могли способствовать лучшему исходу.

Что касается связи смертности с методом хирургического вмешательства, то показатели смертности эпохи остеосинтеза, имевшей место до 1990 года, и эпохи эндопротезирования (после 2000 года) оказались схожими: ~20% случаев [26]. Тем не менее данные о смертности после хирургического лечения ППОБК, представленные исследователями разных стран после 2000 года, оказались неоднозначными. Так, в ретроспективном исследовании, проведённом в Португалии, с включением 272 низкоэнергетических переломов ППОБК, имевших место с 2004 по 2006 год, у лиц в возрасте от 71 до 90 лет (средний возраст 80,2 года) в течение первого года было зарегистрировано 14,6% летальных исходов [27].

Аналогичные значения смертности отмечены и у пациентов, проходивших лечение в Королевских больницах

г. Мельбурна (Австралия) и г. Альфреда (Австралия) в период с 2003 по 2006 год. [28]. Смертность через 6 и 12 мес после травмы, несмотря на то, что стационарная смертность составила только 5,5%, оставалась на уровне 17,1 и 22,6% соответственно. Данные о смертности оказались сопоставимыми [28] с аналогичными международными показателями. В этой работе также отмечено, что максимальный рост летальных исходов наблюдается в течение первых 6 мес после травмы.

В Германии обследование 283 пожилых пациентов с оценкой состояния во время пребывания в больнице и наблюдения в течение 12 мес продемонстрировало, что общая ежегодная смертность в этой популяции составляет в среднем 11,7% [29]. В то же время, по данным национального реестра Нидерландов, при смене тактики хирургического вмешательства (сравнивали 1991 и 2004 год) госпитальная смертность [30] снизилась с 8,1% в 1991 до 5,6% в 2004 году. В исследовании также отмечено, что в возрастной группе 70 лет и старше смертность среди мужчин была в 1,5 раза выше по сравнению с женщинами того же возраста.

При всём этом не все исследователи склонны рассматривать метод фиксации как фактор, который может влиять на показатель смертности. Имеется точка зрения о том, что на уровень смертности при ППОБК у лиц пожилого и старческого возраста в большей степени влияет не метод фиксации перелома, а организация оказания помощи. Так, в исследовании А.В. Кальченко и соавт. [31] приводятся данные о высокой (66,6%) летальности при ППОБК после операции на костном остеосинтезе. В то же время в многоцентровом исследовании (10 ортопедических центров), выполненном в Италии [32] в разгар эпидемии COVID-19, этот постулат как фактор увеличения риска смерти не подтвердился, несмотря на то, что доля операций на костном остеосинтезе, как и в предыдущем исследовании, была значительной (57,5%). Летальность в течение первых 30 сут после операции составила только 14,4% и, что важно, почти 1/2 случаев смерти была связана с осложнениями COVID-19, а не с на костным остеосинтезом. Более того, авторы отметили, что из-за пандемии оказание хирургической помощи проводилось при значительном сокращении центров ортопедической помощи, и выявленное снижение смертности в этой ситуации было достигнуто только благодаря организации оказания хирургической помощи.

Отсутствие влияния типа оперативного вмешательства на смертность подтверждает и сравнительное исследование исходов операции би- и монополярного эндопротезирования тазобедренного сустава у лиц пожилого возраста после ППОБК [33]. В метаанализ, проведённый авторами, включено 13 исследований (1499 участников). Авторы отметили, что разница между би- и монополярными эндопротезами тазобедренного сустава в отношении смертности, как ранней, так и спустя 12 мес, оказалась незначительной либо отсутствовала. Соответственно,

для ранней смертности показатель ОР составил 0,94, 95% ДИ 0,54–1,64 (4 исследования, 573 участника), а спустя 12 мес — ОР=1,17, 95% ДИ 0,89–1,64 (8 исследований, 839 участников).

По мнению ортопедического сообщества США, результаты лечения в большей мере зависят от профессиональной интерпретации медицинских показаний и противопоказаний к выбранным методам лечения, а также от предоперационной подготовки пациентов с учётом их сопутствующих заболеваний, а не метода хирургического вмешательства [34].

В большинстве работ подчёркивается, что для снижения риска наступления смерти имеет значение временной промежуток с момента травмы до проведения операции, и хирургическое вмешательство необходимо выполнить не позднее, чем через 48 ч после перелома, поскольку значительная часть пациентов >70 лет обременены типичной гериатрической множественной патологией [35]. Задержка хирургического лечения у таких пациентов определённо увеличивает риск смертности [36], в то время как срок до 48 ч позволяет минимизировать частоту возможных у пожилых лиц тромбоэмболических, гипостатических, дыхательных и кардиальных осложнений [15, 37]. Анализ 16 про- и ретроспективных обсервационных исследований (257 367 пациентов с переломом шейки бедренной кости) [38] показал что при использовании порогового значения 48 ч с момента госпитализации до операции ОШ для 30-дневной смертности составляет 1,41 (95% ДИ 1,29–1,54;  $p < 0,001$ ), для годовой смертности ОШ=1,32 (95% ДИ 1,21–1,43;  $p < 0,001$ ). Несмотря на то, что остаточные смешанные факторы в обсервационных исследованиях ограничивают окончательные выводы, авторы установили, что отсрочка операции более чем на 48 ч после госпитализации повышает вероятность 30-дневной смертности от всех причин на 41%, а годовой % смертности от всех причин — на 32%. Также в исследовании рассчитано, что на 1 случай смерти в течение первых 30 дней после операции необходима отсрочка времени операции у 40 пациентов и ещё у 20 пациентов, чтобы вызвать 1 случай дополнительной смерти в течение 1 года. Другими словами, на каждую 1000 пациентов, которые подвергаются отсроченной операции, будет больше на 25 смертей в течение 30 дней после поступления и на 49 смертей больше на протяжении 1 года после перелома. Эти данные, по мнению авторов исследования, являются лучшим доказательством необходимости проведения хирургического вмешательства в срок до 48 ч после перелома.

Ещё одним фактором, который может повлиять на показатель смертности, служит квалификация врача-ортопеда, выполняющего хирургические вмешательства при ППОБК. Приводятся убедительные доказательства, что остеопороз, ставший причиной перелома, создаёт трудности для фиксации отломков, увеличивает сложность хирургического вмешательства и, тем самым,

может оказаться причиной смерти от самого события перелома [37, 39, 40].

Что касается такого фактора риска, как длительность пребывания в стационаре, то результаты ранее проведённых исследований относительно повышения или снижения смертности в зависимости от длительности пребывания в стационаре немногочисленны [41, 42]. В исследовании Ali Lagi и соавт. [43] общая годовая летальность в выборке из 603 пациентов составила 20,6%. Авторы сравнивали длительность госпитализации лиц, переживших 1 год, и пациентов, умерших в срок до 1 года после вмешательства. В группе переживших 1 год средняя длительность госпитализации составила 15,1, в группе умерших — 22,6 дня. Отмечено, что более длительное пребывание в стационаре статистически значимо чаще увеличивало смертность в течение 1-го года (ОР=1,08;  $p < 0,001$ ). В свою очередь, более длительный срок нахождения в стационаре был ассоциирован с несколькими причинами: увеличением времени до операции, неспособностью пациента вернуться к исходному статусу подвижности после операции, наличием предыдущего перелома шейки бедра, выполнением операции остеосинтеза вместо эндопротезирования и коморбидным бременем. Также отмечено, что пациенты, сохранившие к моменту перелома способность к активному передвижению, имели более короткие сроки пребывания в стационаре и статистически значимо более низкие показатели смертности (59,7% vs 78,7% соответственно;  $p < 0,001$ ). Точно так же увеличивали уровень смертности и предыдущие переломы бедра ( $p < 0,001$ ).

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СНИЖЕНИЯ СМЕРТНОСТИ

Российские показатели смертности при ППОБК существенно превышают таковые стран Европейского союза и США. Причина этой разницы обусловлена особенностями организации помощи пациентам с переломами подобной локализации. Прежде всего это длительный пред- и/или послеоперационный период стационарного лечения, отсутствие реабилитационной поддержки и патронажа медицинским персоналом после выписки из стационара, а самое главное — необоснованное формирование концепции консервативного лечения ППОБК [44]. В нашей стране госпитализация в травматологические стационары лиц старше 60 лет с патологическими переломами, осложняющимися остеопороз, в среднем не превышает 37%, а из числа госпитализированных только 12,5% получают оперативное лечение [45, 46]. Летальность среди негоспитализированных лиц с переломами этой локализации достигает 52,6%, в то время как при практически

сплошной госпитализации пациентов с ППОБК и своевременном хирургическом пособии [47] госпитальная летальность составляет 9,66%, спустя 6 мес — 26,46%, спустя 1 год — 29,8%, что, по мнению авторов цитируемой работы, подчёркивает важную роль хирургического лечения переломов этой локализации в снижении смертности.

В исследовании, выполненном в г. Кемерово [48], с включением в анализ 432 пациентов старших возрастных групп с ППОБК, показатели летальности были схожими: через 6 мес — 22%, через 12 мес — 31,8%, через 24 мес — 42,2%. Летальность в первые 6 мес оказалась статистически значимо выше, чем в период 6–12 мес и, в отличие от некоторых зарубежных данных, превалировала у женщин. В этой работе не анализировали факторы, которые могли бы оказать влияние на избыточную смертность в первые 6 мес после вмешательства.

Ещё в одном исследовании, проведённом в г. Екатеринбурге [45], данные о числе госпитализированных и смертности были получены с использованием информации из официальной статистики города по переломам и сообщений врачей первичного звена. Исследование проводили в течение 12 мес, зафиксировано 208 случаев (52 мужчин и 156 женщин), и только 37,0% этих пациентов были госпитализированы. Остальные пациенты либо не обращались в стационар ( $n=57$ ), либо им было отказано в госпитализации ( $n=74$ ). Из числа госпитализированных лиц оперативное лечение выполнено у 12,5% ( $n=10$ ). Общая летальность в течение 1 года после перелома составила 41,4%. Это исследование, так же, как и исследование в г. Кемерово, имело ряд ограничений (не во всех случаях диагноз ставил травматолог, отсутствовали рентгеновские снимки), но тем не менее установленные данные о смертности через 1 год в этих городах оказались очень высокими и сопоставимыми.

Многоцентровое исследование по изучению смертности от ППОБК у лиц городского населения старше 50 лет, выполненное в 1997 году в различных регионах России с оценкой уровня смертности через 24 мес, позволило выявить разброс данных общей смертности от 31,6 до 63,4% [49]. Исследование проводили в 6 центрах: Иркутске ( $n=172$ ), Ярославле ( $n=133$ ), Екатеринбурге ( $n=193$ ), Электростали Московской обл. ( $n=37$ ), Хабаровске ( $n=112$ ). Авторы отметили, что наиболее частым хирургическим вмешательством у пациентов остаётся скелетное вытяжение (31,2%), в то время как доля остеосинтеза составила 17,3%, эндопротезирования — 7,1% случаев. Обнаружено, что в центрах с высокой оперативной активностью наблюдалась более низкая как ближайшая, так и отдалённая летальность. Связь типа вмешательства и смертности не оценивали.

Низкий уровень хирургической помощи и серьёзные последствия перелома этой локализации авторы связывают с отсутствием в стране стандарта оказания помощи таким пациентам, а Россия, на основании полученных данных, была отнесена ими к странам с высоким уровнем

летальных исходов при ППОБК у мужчин и средним — у женщин [50].

Включение в модель ухода после ППОБК терапии остеопороза — направления, инициированного Международным фондом остеопороза ещё в 2012 году — имеет своей целью не только профилактику повторных переломов, но и повышение уровня выживаемости. Установлено, что назначение лечения остеопороза в раннем послеоперационном периоде улучшает общую выживаемость в сравнении с теми пациентами, у кого этот протокол не использовали:  $598,02 \pm 235,59$  vs  $568,51 \pm 260,47$  дней соответственно ( $p < 0,01$ ) при мощности 95% (хотя снижения риска повторных переломов при этом не зафиксировано) [19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ППОБК — это очень серьёзное событие для пожилых пациентов, которое не только изменяет жизнь, лишает их и без того потенциально ослабленной самостоятельности и активности, но и повышает риск наступления смерти. Причём связано это не только с влиянием на риск наступления смерти от сопутствующих заболеваний, которые характерны для популяции с переломами шейки бедра, поскольку пожилой пациент — это лицо с типичной гериатрической множественной патологией в сочетании с возрастом  $>70$  лет. В первый год после перелома избыточная смертность у таких пациентов частично ассоциирована с событием самого ППОБК и условиями оказания медицинской помощи. Снижение смертности и улучшение конечных результатов лечения ППОБК у лиц старших возрастных групп требует учёта всех возможных модифицируемых факторов, связанных с самим событием перелома, в том числе того, что перелом происходит на фоне остеопороза, а также зависит от начала лечения остеопороза в раннем послеоперационном периоде.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tajeu G.S., Delzell E., Smith W., et al. Death, debility and destitution following hip fracture. *The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences // J Gerontol A Biol Sci Med.* 2014. Vol. 69, N 3. P. 346–353. doi: 10.1093/gerona/glt105
2. Haentjens P., Magaziner J., Colón-Emeric C.S., et al. Meta-analysis: excess mortality after hip fracture among older women and men // *Ann Intern Med.* 2010. Vol. 152, N 6. P. 380–390. doi: 10.7326/0003-4819-152-6-201003160-00008
3. Barahona M., Barrientos C., Cavada G., et al. Survival analysis after hip fracture: higher mortality than the general population and delayed surgery increases the risk at any time // *Hip Int.* 2020. Vol. 30, Suppl. 1. P. 54–58. doi: 10.1177/1120700020938029
4. Katsoulis M., Benetou V., Karapetyan T., et al. Excess mortality after hip fracture in elderly persons from Europe and the USA: the CHANCES project // *J Intern Med.* 2017. Vol. 281, N 3. P. 300–310. doi: 10.1111/joim.12586
5. Dyer S.M., Crotty M., Fairhall N., et al. A critical review of the long-term disability outcomes following hip fracture // *BMC Geriatr.* 2016. Vol. 16, N 1. P. 158. doi: 10.1186/s12877-016-0332-0
6. Sanz-Reig J., Salvador Marín J., Pérez J.M., et al. Risk factors for in-hospital mortality following hip fracture // *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017. Vol. 61, N 4. P. 209–215. doi: 10.1016/j.recot.2017.03.003
7. Brauer C.A., Coca-Perrailon M., Cutler D.M., Rosen A.B. Incidence and mortality of hip fractures in the United States // *JAMA.* 2009. Vol. 302, N 14. P. 1573–1579. doi: 10.1001/jama.2009.1462
8. Abrahamsen B., van Staa T., Ariely R., et al. Excess mortality following hip fracture: a systematic epidemiological review // *Osteoporos Int.* 2009. Vol. 20, N 10. P. 1633–1650. doi: 10.1007/s00198-009-0920-3
9. Forsen L., Sogaard AJ, Meyer HE, et al. Survival after hip fracture: short- and long-term excess mortality according to age and gender // *Osteoporos Int.* 1999. Vol. 10, N 1. P. 73–78. doi: 10.1007/s001980050197
10. Parker M.J., Anand J.K. What is the time mortality of hip fractures? // *Public Health.* 1991. Vol. 105, N 6. P. 443–446. doi: 10.1016/s0033-3506(05)80614-6
11. Todd C., Freeman C., Camilleri-Ferrante C., et al. Differences in mortality after fracture of the hip // *BMJ.* 1995. Vol. 310, N 6984. P. 904–908. doi: 10.1136/bmj.310.6984.904
12. Meyer H.E., Tvevdal A., Falch J.A., Pedersen J. Factors associated with mortality after hip fracture // *Osteoporos Int.* 2000. Vol. 11, N 3. P. 228–232. doi: 10.1007/s001980050285
13. Kanis J.A., Oden A., Johnell O., et al. The components of excess mortality after hip fracture // *Bone.* 2003. Vol. 32, N 5. P. 468–473. doi: 10.1016/S8756-3282(03)00061-9
14. Friedman S.M., Mendelson D.A., Bingham K.W., Kates S.L. Impact of a comanaged Geriatric Fracture Center on short-term hip fracture outcomes // *Arch Intern Med.* 2009. Vol. 169, N 18. P. 1712–1717. doi: 10.1001/archinternmed.2009.321
15. Ferré F., Minville V. Stratégie de prise en charge préopératoire visant à diminuer la morbidité et la mortalité de la fracture du col fémora // *Ann Fr Anesth Reanim.* 2011. Vol. 30, N 10. P. e45–e48. doi: 10.1016/j.annfar.2011.08.008
16. Simunovic N., Devereaux P.J., Sprague S., et al. Effect of early surgery after hip fracture on mortality and complications: systematic review and meta-analysis // *CMAJ.* 2010. Vol. 182, N 15. P. 1609–1616. doi: 10.1503/cmaj.092220
17. Baroni M., Serra R., Boccardi V., et al. The orthogeriatric comanagement improves clinical outcomes of hip fracture in older adults // *Osteoporos Int.* 2019. Vol. 30, N 4. P. 907–916. doi: 10.1007/s00198-019-04858-2
18. Brozek W., Reichardt B., Zwerina J., et al. Antiresorptive therapy and risk of mortality and refracture in osteoporosis-related hip fracture: a nationwide study // *Osteoporos Int.* 2016. Vol. 27, N 1. P. 387–396. doi: 10.1007/s00198-015-3415-4
19. Gonzalez-Quevedo D., Perez-del-Rio V., Moriel-Garceso D., et al. A 2-year follow-up of a novel Fracture Liaison Service: can we reduce the mortality in elderly hip fracture patients? A prospective cohort study // *Osteoporos Int.* 2022. Vol. 33, N 8. P. 1695–1702. doi: 10.1007/s00198-022-06298-x
20. Mundi S., Pindiprolu B., Simunovic N., Bhandari M. Similar mortality rates in hip fracture patients over the past 31 years // *Acta Orthop.* 2014. Vol. 85, N 1. P. 54–59. doi: 10.3109/17453674.2013.878831
21. Burge R., Dawson-Hughes B., Solomon D.H., et al. Incidence and Economic Burden of Osteoporosis-Related Fractures in the United States, 2005–2025 // *J Bone Miner Res.* 2007. Vol. 22, N 3. P. 465–475. doi: 10.1359/jbmr.061113
22. Материалы государственной статистической отчетности Министерства здравоохранения Российской Федерации. Москва, 2021. Режим доступа: <https://niioz.ru/statistika-i-analitika/formy-federalnogo-statisticheskogo-nablyudeniya/>. Дата обращения: 15.01.2023.
23. Kannegaard P.N., van der Mark S., Eiken P., Abrahamsen B. Excess mortality in men compared with women following a hip fracture. National analysis of comedications, comorbidity and survival // *Age Ageing.* 2010. Vol. 39, N 2. P. 203–209. doi: 10.1093/ageing/afp221
24. Smith T., Pelpola K., Ball M., et al. Pre-operative indicators for mortality following hip fracture surgery: a systematic review and meta-analysis // *Age Ageing.* 2014. Vol. 43, N 4. P. 464–471. doi: 10.1093/ageing/afu065
25. Grigoryan K.V., Javedan H., Rudolph J.L. Orthogeriatric care models and outcomes in hip fracture patients: a systematic review and meta-analysis // *J Orthop Trauma.* 2014. Vol. 28, N 3. P. e49–e55. doi: 10.1097/BOT.0b013e3182a5a045
26. Butler M., Forte M.L., Joglekar S.B., et al. Evidence summary: Systematic review of surgical treatments for geriatric hip fractures // *J Bone Joint Surg Am.* 2011. Vol. 93, N 12. P. 1104–1115. doi: 10.2106/JBJS.J.00296
27. Cruz M. Porque fechamos os olhos enquanto o mundo cai? Um estudo sobre fracturas osteoporóticas do fémur proximal numa população portuguesa // *Acta Reumatol Port.* 2009. Vol. 34, N 2B. P. 370–377.
28. van der Sijp M.P.L., van Eijk M., Tong W.H., et al. Achterberg Independent factors associated with long-term functional outcomes in patients with a proximal femoral fracture: A systematic review // *Exp Gerontol.* 2020. Vol. 139, N 1. P. 111035. doi: 10.1016/j.exger.2020.111035
29. Röder F., Schwab M., Aleker T., et al. Proximal femur fracture in older patients — rehabilitation and clinical outcome // *Age Ageing.* 2003. Vol. 32, N 1. P. 74–80. doi: 10.1093/ageing/32.1.74
30. Saltzherr T.P., Borghans H.J., Bakker R.H., Go P.M. Proximale femurfracturen bij ouderen in Nederland in de periode 1991–2004: incidentie, sterfte, opnameduur en schatting van de in de toekomst benodigde zorgcapaciteit // *Ned Tijdschr Geneesk.* 2006. Vol. 150,

- N 47. P. 2599–2604. Erratum in: *Ned Tijdschr Geneesk.* 2007. Vol. 151, N 2. P. 160.
31. Кальченко А.В., Бабалян В.А., Хвисько А.Н., и др. Анализ оперативного лечения лиц пожилого и старческого возраста с переломами проксимального отдела бедренной кости методом надкостного остеосинтеза пластиной // *Травма.* 2017. Т. 18, № 3. С. 80–85. doi: 10.22141/1608-1706.3.18.2017.10536532.
32. Ciatti C., Maniscalco P., Quattrini F., et al. The epidemiology of proximal femur fractures during COVID-19 emergency in Italy: a multicentric study // *Acta Biomed.* 2021. Vol. 92, N 5. P. e2021398. doi: 10.23750/abm.v92i5.11925
33. Lewis S.R., Macey R., Parker M.J., et al. Arthroplasties for hip fracture in adults // *Cochrane Database Syst Rev.* 2022. Vol. 2, N 2. P. CD013410. doi: 10.1002/14651858.CD013410.pub2
34. Roberts K.C., Brox W.T., Jevsevar D.S., Sevarino K. Management of hip fractures in the elderly // *J Am Acad Orthop Surg.* 2015. Vol. 23, N 2. P. 131–137. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00432
35. Sieber C.C. Der ältere Patient — wer ist das? // *Internist (Berl).* 2007. Vol. 48, N 11. P. 1190, 1192–1194. doi: 10.1007/s00108-007-1945-3
36. Klestil T., Röder C., Stotter C., et al. Impact of timing of surgery in elderly hip fracture patients: a systematic review and meta-analysis // *Sci Rep.* 2018. Vol. 8, N 1. P. 13933. doi: 10.1038/s41598-018-32098-7
37. Membership of the Working Party; Griffiths R., Alper J., et al. Management of proximal femoral fractures. 2011: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland // *Anaesthesia.* 2012. Vol. 67, N 1. P. 85–98. doi: 10.1111/j.1365-2044.2011.06957.x
38. Shiga T., Wajima Z., Ohe Y. Is operative delay associated with increased mortality of hip fracture patients? Systematic review, meta-analysis, and meta-regression // *Can J Anaesth.* 2008. Vol. 55, N 3. P. 146–154. doi: 10.1007/BF03016088
39. Raaymakers E.L. The non-operative treatment of impacted femoral neck fractures // *Injury.* 2002. Vol. 33. Suppl 3. P. C8–C14. doi: 10.1016/s0020-1383(02)00325-x
40. Han S.K., Song H.S., Kim R., Kang S.H. Clinical results of treatment of garden type 1 and 2 femoral neck fractures in patients over 70-year old // *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2016. Vol. 42, N 2. P. 191–196. doi: 10.1007/s00068-015-0528-6
41. Zhang C., Feng J., Wang S., et al. Incidence of and trends in hip fracture among adults in urban China: A nationwide retrospective cohort study // *PLoS Med.* 2020. Vol. 17, N 8. P. e1003180. doi: 10.1371/journal.pmed.1003180
42. Cooper C., Cole Z.A., Holroyd C.R., et al. Secular trends in the incidence of hip and other osteoporotic fractures // *Osteoporos Int.* 2011. Vol. 22, N 5. P. 1277–1288. doi: 10.1007/s00198-011-1601-6
43. Lari A., Haidar A., AlRumaidhi Y., et al. Predictors of mortality and length of stay after hip fractures — A multicenter retrospective analysis // *J Clin Orthop Trauma.* 2022. N 28. P. 101853. doi: 10.1016/j.jcot.2022.101853
44. Воронцова Т.Н., Богопольская А.С., Черный А.Ж. Структура контингента больных с переломами проксимального отдела бедра и расчет среднегодовой потребности в экстренном хирургическом лечении // *Травматология и ортопедия России.* 2016. Т. 22, № 1. С. 7–20. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-7-20
45. Гладкова Е.Н., Ходырев В.Н., Лесняк О.М. Анализ состояния оказания медицинской помощи и исходов у больных с переломами проксимального отдела бедренной кости (данные популяционного исследования) // *Остеопороз и остеопатии.* 2011. Т. 14, № 3. С. 7–10. doi: 10.14341/osteo201137-10
46. Лазарев А.Ф., Загородний Н.В. «Эндопротезирование тазобедренного сустава. Основы и практика». Рецензия // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2012. Т. 19, № 2. С. 91–92. doi: 10.17816/vto20120291-92
47. Ершова О.Б., Белова К.Ю., Дегтярев А.А., и др. Анализ летальности у пациентов с переломом проксимального отдела бедра // *Остеопороз и остеопатии.* 2015. № 3. С. 3–8. doi: 10.14341/osteo201533-8
48. Раскина Т.А., Аверкиева Ю.В. Летальность при переломах проксимального отдела бедра у лиц старшей возрастной группы города Кемерово // *Медицина в Кузбассе.* 2011. Т. 10, № 3. С. 31–35.
49. Меньшикова Л.В., Храмова Н.А., Ершова О.Б., и др. Ближайшие и отдаленные исходы переломов проксимального отдела бедра у лиц пожилого возраста и их медико-социальные последствия (по данным многоцентрового исследования) // *Остеопороз и остеопатии.* 2002. № 1. С. 8–11.
50. Ершова О.Б., Белова К.Ю., Белов М.В., и др. Эпидемиология переломов проксимального отдела бедренной кости у городского населения Российской Федерации: результаты многоцентрового исследования // *Мат-лы научно-практической конференции «Остеопороз — важнейшая мультидисциплинарная проблема здравоохранения XXI века»;* Сентябрь 23–25, 2012; Санкт-Петербург, Россия. Санкт-Петербург, 2012. С. 23–27.

## REFERENCES

1. Tajeu GS, Delzell E, Smith W, et al. Death, debility and destitution following hip fracture. The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences. *J Gerontol A Biol Sci Med.* 2014;69(3):346–353. doi: 10.1093/gerona/glt105
2. Haentjens P, Magaziner J, Colón-Emeric CS, et al. Meta-analysis: excess mortality after hip fracture among older women and men. *Ann Intern Med.* 2010;152(6):380–390. doi: 10.7326/0003-4819-152-6-201003160-00008
3. Barahona M, Barrientos C, Cavada G, et al. Survival analysis after hip fracture: higher mortality than the general population and delayed surgery increases the risk at any time. *Hip Int.* 2020;30(1\_suppl):54–58. doi: 10.1177/1120700020938029
4. Katsoulis M, Benetou V, Karapetyan T, et al. Excess mortality after hip fracture in elderly persons from Europe and the USA: the CHANCES project. *J Intern Med.* 2017;281(3):300–310. doi: 10.1111/joim.12586
5. Dyer SM, Crotty M, Fairhall N, et al. A critical review of the long-term disability outcomes following hip fracture. *BMC Geriatr.* 2016;16(1):158. doi: 10.1186/s12877-016-0332-0
6. Sanz-Reig J, Salvador Marín J, Pérez JM, et al. Risk factors for in-hospital mortality following hip fracture. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017;61(4):209–215. doi: 10.1016/j.recot.2017.03.003
7. Brauer CA, Coca-Perrillon M, Cutler DM, Rosen AB. Incidence and mortality of hip fractures in the United States. *JAMA.* 2009;302(14):1573–1579. doi: 10.1001/jama.2009.1462
8. Abrahamsen B, van Staa T, Ariely R, et al. Excess mortality following hip fracture: a systematic epidemiological review. *Osteoporos Int.* 2009;20(10):1633–1650. doi: 10.1007/s00198-009-0920-3
9. Forsen L, Sogaard AJ, Meyer HE, et al. Survival after hip fracture: short- and long-term excess mortality according to age and gender. *Osteoporos Int.* 1999;10(1):73–78. doi: 10.1007/s001980050197

10. Parker MJ, Anand JK. What is the time mortality of hip fractures? *Public Health*. 1991;105(6):443–446. doi: 10.1016/s0033-3506(05)80614-6
11. Todd C, Freeman C, Camilleri-Ferrante C, et al. Differences in mortality after fracture of the hip. *BMJ*. 1995;310(6984):904–908. doi: 10.1136/bmj.310.6984.904
12. Meyer HE, Tvevdal A, Falch JA, Pedersen J. Factors associated with mortality after hip fracture. *Osteoporos Int*. 2000;11(3):228–232. doi: 10.1007/s001980050285
13. Kanis JA, Oden A, Johnell O, et al. The components of excess mortality after hip fracture. *Bone*. 2003;32(5):468–473. doi: 10.1016/S8756-3282(03)00061-9
14. Friedman SM, Mendelson DA, Bingham KW, Kates SL. Impact of a comanaged Geriatric Fracture Center on short-term hip fracture outcomes. *Arch Intern Med*. 2009;169(18):1712–1717. doi: 10.1001/archinternmed.2009.321
15. Ferré F, Minville V. Preoperative management to reduce morbidity and mortality of hip fracture. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2011;30(10):e45–e48. (In French). doi: 10.1016/j.annfar.2011.08.008
16. Simunovic N, Devereaux PJ, Sprague S, et al. Effect of early surgery after hip fracture on mortality and complications: systematic review and meta-analysis. *CMAJ*. 2010;182(15):1609–1616. doi: 10.1503/cmaj.092220
17. Baroni M, Serra R, Boccardi V, et al. The orthogeriatric comanagement improves clinical outcomes of hip fracture in older adults. *Osteoporos Int*. 2019;30(4):907–916. doi: 10.1007/s00198-019-04858-2
18. Brozek W, Reichardt B, Zwerina J, et al. Antiresorptive therapy and risk of mortality and refracture in osteoporosis-related hipfracture: a nationwide study. *Osteoporos Int*. 2016;27(1):387–396. doi: 10.1007/s00198-015-3415-4
19. Gonzalez-Quevedo D, Perez-del-Rio V, Moriel-Garceso D, et al. A 2-year follow-up of a novel Fracture Liaison Service: can we reduce the mortality in elderly hip fracture patients? A prospective cohort study. *Osteoporos Int*. 2022;33(8):1695–1702. doi: 10.1007/s00198-022-06298-x
20. Mundi S, Pindiprolu B, Simunovic N, Bhandari M. Similar mortality rates in hip fracture patients over the past 31 years. *Acta Orthop*. 2014;85(1):54–59. doi: 10.3109/17453674.2013.878831
21. Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, et al. Incidence and Economic Burden of Osteoporosis-Related Fractures in the United States, 2005–2025. *J Bone Miner Res*. 2007;22(3):465–475. doi: 10.1359/jbmr.061113
22. *Materialy gosudarstvennoi statisticheskoi otchetnosti Ministerstva zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii*. Moscow; 2021. Available from: <https://niioz.ru/statistika-i-analitika/formy-federalnogo-statisticheskogo-nablyudeniya/>. Accessed: 15.01.2023. (In Russ).
23. Kannegaard PN, van der Mark S, Eiken P, Abrahamsen B. Excess mortality in men compared with women following a hip fracture. National analysis of comedications, comorbidity and survival. *Age Ageing*. 2010;39(2):203–209. doi: 10.1093/ageing/afp221
24. Smith T, Pelpola K, Ball M, et al. Pre-operative indicators for mortality following hip fracture surgery: asystematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2014;43(4):464–471. doi: 10.1093/ageing/afu065
25. Grigoryan KV, Javedan H, Rudolph JL. Orthogeriatric care models and outcomes in hip fracture patients: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Trauma*. 2014;28(3):e49–e55. doi: 10.1097/BOT.0b013e3182a5a045
26. Butler M, Forte ML, Joglekar SB, et al. Evidence summary: Systematic review of surgical treatments for geriatric hip fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(12):1104–1115. doi: 10.2106/JBJS.J.00296
27. Cruz M. Why do we close our eyes while the world is falling? A study on proximal femur osteoporotic fractures in a Portuguese population. *Acta Reumatol Port*. 2009;34(2B):370–377.
28. van der Sijp MPL, van Eijk M, Tong WH, et al. Achterberg Independent factors associated with long-term functional outcomes in patients with a proximal femoral fracture: A systematic review. *Exp Gerontol*. 2020;139(1):111035. doi: 10.1016/j.exger.2020.111035
29. Röder F, Schwab M, Aleker T, et al. Proximal femur fracture in older patients — rehabilitation and clinical outcome. *Age Ageing*. 2003;32(1):74–80. doi: 10.1093/ageing/32.1.74
30. Saltzherr TP, Borghans HJ, Bakker RH, Go PM. Proximal femur fractures in the elderly in The Netherlands during the period 1991–2004: incidence, mortality, length of hospital stay and an estimate of the care capacity needed in the future. *Ned Tijdschr Geneesk*. 2006;150(47):2599–2604. Erratum in: *Ned Tijdschr Geneesk*. 2007;151(2):160. (In Dutch).
31. Kalchenko AV, Babalyan VA, Khvysyuk AN, et al. Analysis of surgical treatment in elderly and senile patients with proximal femur fractures by extracortical plate osteosynthesis. *Trauma*. 2017;18(3):80–85. (In Russ). doi: 10.22141/1608-1706.3.18.2017.10536532
32. Ciatti C, Maniscalco P, Quattrini F, et al. The epidemiology of proximal femur fractures during COVID-19 emergency in Italy: a multicentric study. *Acta Biomed*. 2021;92(5):e2021398. doi: 10.23750/abm.v92i5.11925
33. Lewis SR, Macey R, Parker MJ, et al. Arthroplasties for hip fracture in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022;2(2):CD013410. doi: 10.1002/14651858.CD013410.pub2
34. Roberts KC, Brox WT, Jevsevar DS, Sevarino K. Management of hip fractures in the elderly. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(2):131–137. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00432
35. Sieber CC. The elderly patient — who is that? *Internist (Berl)*. 2007;48(11):1190,1192–1194. doi: 10.1007/s00108-007-1945-3 (In German).
36. Klestil T, Röder C, Stotter C, et al. Impact of timing of surgery in elderly hip fracture patients: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2018;8(1):13933. doi: 10.1038/s41598-018-32098-7
37. Membership of the Working Party; Griffiths R, Alper J, et al. Management of proximal femoral fractures. 2011: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia*. 2012;67(1):85–98. doi: 10.1111/j.1365-2044.2011.06957.x
38. Shiga T, Wajima Z, Ohe Y. Is operative delay associated with increased mortality of hip fracture patients? Systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Can J Anaesth*. 2008;55(3):146–154. doi: 10.1007/BF03016088
39. Raaymakers EL. The non-operative treatment of impacted femoral neck fractures. *Injury*. 2002;33(Suppl 3):C8–C14. doi: 10.1016/s0020-1383(02)00325-x
40. Han SK, Song HS, Kim R, Kang SH. Clinical results of treatment of garden type 1 and 2 femoral neck fractures in patients over 70-year old. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(2):191–196. doi: 10.1007/s00068-015-0528-6
41. Zhang C, Feng J, Wang S, et al. Incidence of and trends in hip fracture among adults in urban China: A nationwide retrospective cohort study. *PLoS Med*. 2020;17(8):e1003180. doi: 10.1371/journal.pmed.1003180

- 42.** Cooper C, Cole ZA, Holroyd CR, et al. Secular trends in the incidence of hip and other osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*. 2011;22(5):1277–1288. doi: 10.1007/s00198-011-1601-6
- 43.** Lari A, Haidar A, AlRumaidhi Y, et al. Predictors of mortality and length of stay after hip fractures — A multicenter retrospective analysis. *J Clin Orthop Trauma*. 2022;28:101853. doi: 10.1016/j.jcot.2022.101853
- 44.** Vorontsova TN, Bogopol'skaya AS, Cherny AZ, Shevchenko SB. Cohort structure of patients with proximal femur fractures and estimation of average annual demand for emergency surgical treatment. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2016;22(1):7–20. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-7-20
- 45.** Gladkova EN, Khodyrev VN, Lesnyak OM. Analiz sostoyaniya okazaniya meditsinskoi pomoshchi i iskhodov u bol'nykh s perelomami proksimal'nogo otdela bedrennoi kosti (dannye populyatsionnogo issledovaniya). *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2011;14(3):7–10. (In Russ). doi: 10.14341/osteo201137-10
- 46.** Lazarev AF. Review to monograph «Hip Joint Arthroplasty. Bases and Practice» by N.V. Zagorodnyy. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2012;19(2):91–92. (In Russ). doi: 10.17816/vto20120291-92
- 47.** Ershova OB, Belova KYu, Degtyarev AA, et al. Analysis of mortality in patients with a fracture of the proximal femur. *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2015;18(3):3–8. (In Russ). doi: 10.14341/osteo201533-8
- 48.** Raskina TA, Averkieva YuV. Mortality in fractures of proximal femur with the persons of the senior age group Kemerovo town. *Medicine in Kuzbass*. 2011;10(3):31–35. (In Russ).
- 49.** Men'shikova LV, Khramtsova NA, Ershova OB, et al. Blizhaishie i otdalennye iskhody perelomov proksimal'nogo otdela bedra u lits pozhilogo vozrasta i ikh mediko-sotsial'nye posledstviya (po dannym mnogotsentrovogo issledovaniya). *Osteoporosis and Bone Diseases*. 2002;1:8–11 (In Russ).
- 50.** Ershova OB, Belova KYu, Belov MV, et al. Epidemiologiya perelomov proksimal'nogo otdela bedrennoi kosti u gorodskogo naseleniya Rossiiskoi Federatsii: rezul'taty mnogotsentrovogo issledovaniya. Proceedings of the Scientific-Practical Conference «Osteoporoz — vazhneishaya mul'tidistsiplinarnaya problema zdravookhraneniya XXI veka»; 2012 Sep 23–25; St. Petersburg, Russia. St. Petersburg; 2012. P. 23–27. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

\* **Родионова Светлана Семёновна**, д.м.н., профессор,  
врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>;  
eLibrary SPIN: 3529-8052; e-mail: rod06@inbox.ru

**Аси Хабибаллах Заид Ахмед**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9194-743X>;  
e-mail: habeb.asi395@mail.ru

**Кривова Алла Владимировна**, д.м.н., профессор,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9722-1285>;  
eLibrary SPIN: 9755-0627; e-mail: krivova267@gmail.com

**Самарин Михаил Алексеевич**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
e-mail: botanzek49@gmail.com

**Соломяник Ирина Анатольевна**, к.м.н.,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5463-9158>;  
e-mail: solomyannik@cito-priorov.ru

## AUTHORS INFO

\* **Svetlana S. Rodionova**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
traumatologist-orthopedist;  
address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>;  
eLibrary SPIN: 3529-8052; e-mail: rod06@inbox.ru

**Habiballah Zaid A. Asi**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9194-743X>;  
e-mail: habeb.asi395@mail.ru

**Alla V. Krivova**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9722-1285>;  
eLibrary SPIN: 9755-0627; e-mail: mailto:krivova267@gmail.com

**Mikhail A. Samarin**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
e-mail: botanzek49@gmail.com

**Irina A. Solomyannik**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5463-9158>;  
e-mail: solomyannik@cito-priorov.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110810>

## Эмболизация артерий в купировании суставной и околосуставной боли: как, когда и у кого? Обзор литературы

К.М. Меджидов<sup>1</sup>, М.В. Паршиков<sup>2</sup>, Л.М. Гинзбург<sup>1</sup>, Ю.С. Соловьёв<sup>1</sup>, И.М. Ужахов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Домодедовская центральная городская больница, Домодедово, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

В статье освещены результаты использования эмболизации ветвей подколенной артерии как инновационной методики, применяющейся в качестве лечения некупируемого стандартными консервативными способами болевого синдрома при остеоартрозе коленного сустава. Цель работы — определить эффективность и безопасность эмболизации ветвей подколенной артерии в лечении болевого синдрома при остеоартрозе. Выбраны исследования с применением эмболизации при различных степенях гонартроза, в проанализированных источниках оценку результатов проводили по шкалам ВАШ (визуальная аналоговая шкала) и WOMAC (Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index). Авторы отметили улучшение показателей у пациентов по обеим шкалам, также установлены незначительные осложнения, купированные самостоятельно. Эмболизация ветвей подколенной артерии является перспективным и эффективным методом лечения в борьбе с болью при остеоартрозе коленного сустава различных степеней тяжести. Также при выполнении процедуры не выявлено серьезных осложнений, что делает её безопасной.

**Ключевые слова:** неонгиогенез; эмболизация ветвей артерий; лечение суставной и околосуставной боли.

### Как цитировать:

Меджидов К.М., Паршиков М.В., Гинзбург Л.М., Соловьёв Ю.С., Ужахов И.М. Эмболизация артерий в купировании суставной и околосуставной боли: как, когда и у кого? Обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 307–316. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110810>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110810>

# Embolization of the arteries in the relief of joint and near joint pain: how, when and in whom?

## A review

Kamal M. Medjidov<sup>1</sup>, Mikhail V. Parshikov<sup>2</sup>, Leonid M. Ginzburg<sup>1</sup>, Yuri S. Solov'yev<sup>1</sup>, Ibragim M. Uzhakhov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Domodedovo Central City Hospital, Domodedovo, Russia;

<sup>2</sup> Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

### ABSTRACT

This paper presents the results of embolization of popliteal artery branches as an innovative technique to treat pain syndrome not relieved by standard conservative methods for osteoarthritis of the knee joint. The study aimed to evaluate available data on the efficacy and safety of popliteal artery branch embolization in the treatment of pain syndrome in osteoarthritis. Relevant studies on the use of embolization at various degrees of gonarthrosis were analyzed. The results were evaluated using the visual analog scale and Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index. The performance of patients improved based on both scales, and minor complications resolved on their own. Embolization of the branches of the popliteal artery with insufficiency is a promising and effective treatment method for patients with pain due to osteoarthritis of the knee joint of various degrees, and no serious complications have been identified in the procedures, making it safe.

**Keywords:** neoangiogenesis; embolization of arterial branches; treatment of articular and near-articular pathology.

### To cite this article:

Medjidov KM, Parshikov MV, Ginzburg LM, Solov'yev YuS, Uzhakhov IM. Embolization of the arteries in the relief of joint and near joint pain: how, when and in whom? A review. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):307–316. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110810>

Received: 07.09.2022

Accepted: 28.11.2022

Published: 19.01.2022

## ОБОСНОВАНИЕ

Остеоартроз коленного сустава — это распространённое заболевание, особенно часто встречающееся у людей пожилого возраста. С каждым годом появляется всё больше лиц, страдающих этой патологией, что объясняется увеличением продолжительности жизни, а также повышением индекса массы тела [1].

Боль — один из наиболее значимых симптомов остеоартроза [2, 3]. Существуют различные методики лечения остеоартроза коленного сустава, как консервативные (к примеру, нестероидная противовоспалительная терапия, лечебная физическая культура, физиотерапевтическое лечение, применение хондропротекторов, введение внутрисуставно препаратов гиалуроновой кислоты, PRP-терапия, использование глюкокортикостероидов), так и хирургические (артроскопические санации, корригирующие остеотомии, эндопротезирование сустава). Консервативные терапевтические комплексы порой оказываются неэффективными, в особенности при тяжёлых формах заболевания, в то время как к хирургическим методам допускаются не все пациенты в связи с тяжестью сопутствующих заболеваний, а также по причине того, что многие попросту морально не готовы к масштабной операции [4]. Эти обстоятельства побуждают специалистов продолжать поиск новых актуальных технологий лечения данной тяжёлой патологии.

В последнее время появились публикации о новом малоинвазивном хирургическом методе купирования внутри- и околосуставного болевого синдрома при гонартрозе путём транскатетерной эмболизации ветвей подколенной артерии.

**Цель работы** — по данным литературы проанализировать эффективность транскатетерной эмболизации ветвей подколенной артерии при остеоартрозе коленного сустава, оценить её перспективы.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

В ходе работы, используя возможности интернет-ресурсов PubMed (MEDLINE), eLibrary и Cyberleninka, мы провели обзор данных современной литературы за последние 10 лет (с 2012 по 2022 год), в которой анализируются технические особенности и результаты эмболизации артерий при гонартрозе и другой ортопедической патологии.

Поиск осуществляли по ключевым словам «неоангиогенез», «эмболизация ветвей артерий», «лечение суставной и околосуставной патологии».

В работе освещены 38 актуальных опубликованных источников.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Эмболизация как метод лечения

Эмболизация — это один из методов эндоваскулярной хирургии, направленный на прекращение питания определённых тканей, органов и структур организма

кровью. Этот малоинвазивный метод уже более 20 лет широко используют в рентгенохирургии в таких направлениях, как гинекология, нейрохирургия, торакальная и абдоминальная хирургия и при различных опухолевидных образованиях.

В начале XXI в. появились первые публикации об успешном применении рентгенэндоваскулярной эмболизации у пациентов с опухолевидными заболеваниями костей. J. Wathion и соавт. [5] в 2003 году сообщили о клинических результатах эндоваскулярной эмболизации по поводу агрессивной аневризматической костной кисты в области таза. Авторы подчёркивают малоинвазивность метода и незначительную интраоперационную кровопотерю. После эндоваскулярной эмболизации первоначальные наблюдения по данным компьютерной томографии показали уменьшение объёмов костной кисты и образование нормальной костной ткани в области поражения.

F.M. Andreas и соавт. [6] в 2014 году опубликовали результаты выполненной ими эндоваскулярной эмболизации у 15-летней девочки с аневризмой II грудного позвонка. Была проведена селективная эндоваскулярная эмболизация аневризмы, однако в течение 8-месячного наблюдения боль в области Th<sub>II</sub> у пациентки сохранялась. Авторы приняли решение об осуществлении повторной эмболизации, после которой болевой синдром купировался и не отмечался весь срок (4 года) наблюдения. При этом была выявлена оссификация очага поражения Th<sub>II</sub>. Авторы пришли к мнению, что такой метод лечения безопасен и эффективен при лечении аневризм позвонков.

R. Guzman и соавт. [7] в 2005 году представили результаты клинических исследований по предоперационной подготовке пациентов с метастатическими образованиями в позвонках для уменьшения интраоперационной кровопотери за счёт эмболизации артерии, питающей опухоль. 22 из 24 пациентов была выполнена эмболизация с полной деваскуляризацией, ещё 2 больным было возможно осуществить только частичную эмболизацию. У пациентов с полной деваскуляризацией средняя интраоперационная кровопотеря составила 1900, с частичной эмболизацией — 5500 мл. Коллеги сделали вывод, что предоперационная эмболизация гиперваскулярных опухолей безопасна, эффективна, уменьшает интраоперационную кровопотерю и облегчает удаление опухоли.

O.N. Gottfried и соавт. [8] в 2003 году опубликовали статью на тему «Эмболизация опухолей крестца». В ней сообщается, что хотя хирургическое вмешательство является основным методом лечения многих опухолей крестца, эмболизация — это очень важный метод первичной и дополнительной терапии. Пациенты с доброкачественными образованиями, включая аневризматические кисты костей и гигантоклеточные опухоли, отреагировали на эмболизацию исчезновением основных клинических симптомов и окостенением поражений. Использование эмболизации при первичной терапии метастатических

поражений приводило к улучшению неврологической клинической картины, уменьшению размера опухоли и снижению степени повреждения позвоночного канала за счёт закупорки сосудов, питающих опухолевидное образование, эмболосферами, вследствие чего наступала локальная ишемия и запускался процесс апоптоза с дальнейшей оссификацией поражённого участка. Также имеются сведения о положительном опыте использовании эмболизации в качестве адьювантной терапии для уменьшения интраоперационной кровопотери, что способствует облегчению резекции опухолей. Большинство специалистов пришли к заключению, что эмболизация служит ценным первичным и дополнительным методом лечения многих опухолей крестца. Обнадёживающие результаты привлекли внимание к этой технологии и врачей других специальностей. Так, ортопеды стали использовать её при эпикондилите [9], адгезивных капсулитах, тендинобурситах, резистентных к стандартной консервативной терапии, в лечении хронического болевого синдрома в плечевом суставе [10]. Однако наиболее часто её стали применять при дегенеративно-дистрофических поражениях коленного сустава.

## Применение эмболизации в области коленного сустава

### *Техника вмешательства*

В условиях операционной рентгенохирургических методов диагностики и лечения под местной анестезией производят прокол в бедренную артерию, вводят гепарин и устанавливают катетер. При помощи контрастного вещества выявляют ветви подколенной артерии, в которые поочередно вводят микрокатетер с целью поиска патологически разросшейся сосудистой сети. После установления необходимой ветви подколенной артерии в дистальную её часть вводят микроэмболы либо суспензию имипинема и циластатина до полного стаза крови в данную область. 100% техническим успехом операции считается абсолютная окклюзия всех патологических сосудов. По окончании операции катетер удаляют и в область прокола бедренной артерии устанавливают давящую повязку с целью достижения гемостаза [11, 12].

В проанализированных нами исследованиях авторы использовали для эмболизации суспензию имипинема и циластатина, в которой содержатся нерастворимые частицы размером 75 микрон ( $\mu$ ) либо специально подготовленные эмболосферы диаметром 75–100  $\mu$  [20–22].

### *Итоги анализа данных литературы*

C.J. Guevara и соавт. [13] в 2014 году представили результаты клинического исследования применения эндоваскулярной эмболизации ветвей подколенной артерии 10 пациентам с рецидивирующим гемартрозом после тотального эндопротезирования коленного сустава. Исследование проводили с 2009 по 2014 год, средняя

продолжительность периода наблюдения составила 545 дней. Эмболизацию осуществляли частицами поливинилового спирта. У всех пациентов был достигнут 100% технический успех. После 1-й процедуры гемартроз стойко купировался у 6 пациентов, 4 больным потребовалось повторное проведение эмболизации в связи с развитием рецидива. У 3/4 больных, которым необходимо было повторить эмболизацию, имелись сопутствующие заболевания, дискразия крови, либо они принимали антикоагулянты в терапевтических целях. Из осложнений у 2 пациентов отмечалась кожная пигментация в области коленного сустава, которая разрешилась при помощи консервативной терапии. Авторы сделали вывод, что эмболизация является безопасным малоинвазивным методом лечения спонтанного и рефрактерного гемартроза коленного сустава после оперативного вмешательства со 100% клиническим результатом.

Установлено, что в синовиум, периостеум, капсулу сустава, инфрапателлярную жировую ткань и менисковую ткань посредством неоваскуляризации прорастают патологические сосуды совместно с нервными окончаниями. Эмболизация ветвей подколенной артерии как метод купирования болевого синдрома предназначена для выявления этой патологической сети с дальнейшей её окклюзией эмболосферами. В результате происходит ишемия патологической сосудистой сети и апоптоз вовлечённых в процесс тканей [14–19].

Y. Okuno и соавт. [20] в 2014 году представили статью «Транскатетерная артериальная эмболизация в качестве лечения медиальной боли в коленном суставе у пациентов от лёгкой до умеренной степени тяжести остеоартрита». Целью исследования было найти альтернативное лечение стойкого болевого синдрома на основе гипотезы о том, что патологическая неоваскуляризация может являться источником боли. Причина боли при остеоартрите коленного сустава до сих пор остаётся неясной, поскольку поражённый участок хряща не имеет нервных волокон. Кроме того, имеются исследования о несоответствии между клиническими симптомами и рентгенологической картиной остеоартроза коленного сустава. Эти данные указывают на то, что боль при остеоартрозе не обязательно возникает из дегенеративного участка или из-за потери хряща. Эмболизация ветвей подколенной артерии — это техника, основанная на тезисе о том, что неоваскуляризация и рост сопровождающих её нервных окончаний могут оказаться источником хронической боли, и что окклюзия этих патологических сосудов может уменьшить такую боль. В своей работе авторы описывают клинические исследования, проведённые с июня 2012 по декабрь 2013 года, в которые были отобраны 14 пациентов с лёгкой и умеренной степенью поражения коленного сустава по рентгенологической шкале Kellgren–Lawrence (K–L), резистентных к консервативным методам лечения. Оценка выраженности болевого синдрома производили по визуальной аналоговой шкале

(ВАШ), а функциональность сустава на предмет скованности и физической активности оценивали по опроснику WOMAC (Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index). Исследование сустава проводили рентгенологически и с применением магнитно-резонансной томографии (МРТ). Эмболизации были выполнены со 100% техническим успехом. В процессе наблюдения общие показатели болевого синдрома по ВАШ и функция сустава по WOMAC (боль при ходьбе, подъём по лестнице) значительно снизились через 1 нед, а достигнутый эффект сохранялся на протяжении всего периода исследования (19 мес). Таким образом, определено, что такой механизм, как неоваскуляризация, может являться одним из источников боли в коленном суставе, и что эмболизация этих сосудов может привести к уменьшению выраженности болевого синдрома.

Те же Y. Okuno и соавт. [21] в 2017 году опубликовали результаты уже более масштабного клинического исследования по определению эффективности и безопасности транскатетерной артериальной эмболизации при гонартрозах лёгкой и средней степени тяжести, устойчивых к консервативным методам лечения. В исследовании приняли участие 72 человека, 23 из которых эмболизировали оба коленных сустава. Отобрана группа исследуемых от 1-й до 3-й степени поражения по рентгенологической шкале K-L. Период наблюдений продолжался с июля 2012 по март 2016 года. Оценивали состояние структур сустава при помощи МРТ в начале исследования и спустя 2 года. Критериями включения пациентов в исследование служили поражённый артрозом 1–3-й степени по шкале K-L коленный сустав, болевой синдром на протяжении  $\geq 3$  мес, не купируемый консервативной терапией и превышающий отметку 50 мм по ВАШ. Оценку функции сустава также производили по шкале WOMAC (24 критерия в отношении боли и функции сустава). Не включали пациентов с локальной инфекцией, злокачественными новообразованиями, распространённым атеросклерозом, ревматоидным артритом и с ранее проведёнными операциями на коленном суставе. Эмболизацию выполнили со 100% техническим результатом 88 пациентам в возрасте от 40 до 80 лет. В качестве эмболизирующего материала был выбран имипенем + циластатин натрия и микроэмболы Embozepe в связи с наличием у части пациентов аллергических реакций на антибиотики. При выполнении процедуры аномальные сосуды были замечены в основном в периартикулярных мягких тканях и часто наблюдались в наиболее триггерных областях коленного сустава, в которых рентгенологическая картина остеоартроза не соответствовала симптомам. Это позволило предположить, что патологическая неоваскуляризация служила источником боли. МРТ-исследование 35 коленных суставов через 2 года после транскатетерной артериальной эмболизации продемонстрировало уменьшение или исчезновение проявлений синовита, при этом была обнаружена

стабилизация состояния и структуры как костного мозга, так и гиалинового хряща. Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что патологические сосуды могут являться фактором воспаления, а, следовательно, быть причиной боли, и что эмболизация таких сосудов может уменьшить выраженность этих процессов. Более того, авторы выдвинули предположение, что эмболизация ветвей подколенной артерии может отсрочить прогрессирование деформирующего артроза коленного сустава.

H.L. Sang и соавт. [22] в 2019 году опубликовали доклад «Клинические результаты транскатетерной артериальной эмболизации при хронической боли в коленном суставе от лёгкой до умеренной по сравнению с тяжёлым остеоартритом коленного сустава». В нём представлены данные 71 эмболизации ветвей подколенной артерии у 41 пациента, 30 из которых вмешательство осуществлено на обоих коленных суставах. Продолжительность исследования — с июня 2017 по июль 2018 года. Использовали имипенем + циластатин натрия. Для исследования были отобраны пациенты с не купируемым консервативными методами лечения болевым синдромом, испытывавшие боль  $>3$  мес. Также больные были обследованы и разделены на 2 группы по шкале K-L. 1-я группа пациентов имела лёгкую и умеренную степень поражения коленного сустава (1–2–3-й класс по шкале K-L), 2-я — тяжёлую степень (4-й класс по K-L). Из 71 коленных суставов 59 были отнесены к 1-й группе, 12 — ко 2-й. Выраженность болевого синдрома оценивали по ВАШ. У пациентов 1-й группы выраженность болевого синдрома значительно уменьшилась, клинический результат был достигнут через 3 мес после процедуры и стойко закреплён. У пациентов 2-й группы средние баллы по ВАШ были значительно снижены в течение 1-го мес после транскатетерной артериальной эмболизации, однако в дальнейшем болевой синдром стал усиливаться. Спустя 3 мес средний балл по ВАШ постепенно увеличился до первоначальной оценки. Авторы предположили, что непродолжительность эффекта от эмболизации у 2-й группы пациентов зависела от степени остеоартроза. У них отмечалась выраженная потеря хрящевой ткани, что способствовало непосредственному трению костных поверхностей друг об друга, тем самым вызывая боль. По их мнению, это обстоятельство послужило основной причиной низкой эффективности эмболизации при выраженном остеоартрозе коленного сустава. В.А. Антипов и соавт. [23] в 2019 году пришли к аналогичному заключению: по их данным, эта методика значительно улучшает функцию сустава и значительно снижает интенсивность болевого синдрома только у пациентов с лёгкой и умеренной стадией патологического процесса. То же самое подтвердили и М.Н. Козадаев и соавт. [24], по мнению которых эмболизация ветвей подколенной артерии при гонартрозе — это эффективный малоинвазивный способ купирования болевого синдрома на ранних стадиях заболевания, причём осложнения

при выполнении данной методики крайне редки и минимальны в своих проявлениях. Более того, она может оказаться перспективной альтернативой хирургическому подходу и способствовать продлению промежутка времени до эндопротезирования сустава. В то же время до сегодняшнего дня технология остаётся малоизученной для понимания возможной роли этого способа в лечении болевого синдрома при остеоартрозе коленного сустава, что и является её основным недостатком.

S. Bagla и соавт. [25] расширили показания к использованию описанной методики. В 2019 году они представили анализ итогов эмболизации геникулярной артерии при лечении боли в коленном суставе у 20 пациентов в возрасте от 40 до 84 лет с остеоартритом 1–2–3-й степени по шкале K–L с безрезультатным анамнезом консервативного лечения не менее 3 мес. Эмболизацию проводили микроэмболами 75–100  $\mu$  со 100% техническим успехом. В результате средний балл по ВАШ уменьшился с  $76 \pm 14$  мм на исходном уровне до  $29 \pm 27$  мм при осмотре на 6-м мес после вмешательства. Средний балл по WOMAC снизился с  $61 \pm 12$  до  $29 \pm 27$  за этот же период. Из осложнений у 13 пациентов отмечалась кожная пигментация в области коленного сустава, ещё у 2 человек была выявлена подошвенная сенсомоторная парестезия. Упомянутые осложнения купировались самостоятельно в течение 2 нед. Авторы пришли к мнению, что транскатетерная эмболизация ветвей подколенной артерии — это безопасный и перспективный метод лечения боли вне зависимости от степени дегенеративно-дистрофических изменений в коленном суставе. В данном исследовании среднее значение индекса массы тела пациентов составило  $35 \text{ кг/м}^2$ , в то время как в предыдущих, которые мы анализировали, он был равен  $25 \text{ кг/м}^2$ , но это обстоятельство никак не повлияло на степень и характер уменьшения выраженности болевого синдрома после вмешательства, которые соответствовали характеру и степени выраженности болевого синдрома и были сопоставимы. Также необходимо отметить, что в анализируемом исследовании применяли только эмболосферы размером 75–100  $\mu$  в отличие от других работ, где использовали имипинем + циластатин, но и это также не повлияло на итоги лечения. Результаты авторов заслуживают глубокого анализа в плане изучения зависимости эффективности эмболизации от индекса массы тела и характеристик применённых эмболов. Однако ценность полученных данных снижает короткий срок наблюдения, что не позволяет оценить максимальный эффект операции, а также небольшое число пациентов и отсутствие контрольных групп, в частности, группы плацебо.

Противоположные результаты получены Т.А. Van Zadelhoff и соавт. [26], которые в 2020 году изучили влияние характера патологических изменений в коленном суставе в градации уменьшения выраженности болевого синдрома при использовании транскатетерной эмболизации ветвей подколенной артерии при гонартрозах различных степеней тяжести. В исследовании

приняли участие 54 пациента с различными стадиями поражения коленного сустава. Клинический исход оценивали в начале исследования и через 6 мес после лечения. Авторы пришли к выводу, что различная степень поражённости сустава прямым образом влияет на степень уменьшения эффекта. Эмболизация ветвей подколенной артерии как способ купирования болевого синдрома интересна тем, что может являться альтернативной методикой для пациентов с повышенными рисками хирургического лечения и при неэффективности консервативной терапии. Также было выдвинуто предположение о том, что она может приостановить прогрессирование остеоартроза коленного сустава. Плюсами методики являются выполнение её под местной анестезией, малоинвазивность, низкая интраоперационная кровопотеря и малочисленные противопоказания.

## ВЫВОДЫ

В настоящее время патогенез боли при деформирующем артрозе до сих пор остаётся не до конца изученным. Существуют данные ряда исследований о несоответствии клинических данных остеоартроза коленного сустава рентгенологической картине [27]. Причиной боли может являться неоваскуляризация в мягкие ткани коленного сустава. Выдвинута гипотеза о том, что вновь образованные сосуды могут поддерживать воспалительный процесс в коленном суставе и служить источником болевого синдрома [21]. На её основании предложена новая тактика лечения — использование артериальной эмболизации ветвей подколенной артерии, направленной на окклюзию новых сосудов.

Проведя анализ источников литературы, можно подчеркнуть, что многие авторы указали на положительные результаты в виде уменьшения выраженности болевого синдрома и улучшения функции сустава при применении транскатетерной эмболизации ветвей артерий при таких заболеваниях, как деформирующий артроз коленных суставов [28–30], а также при различных капсулитах плечевого сустава [31, 32] и при эпикондилитах [33]. Больше число публикаций посвящено эмболизации ветвей подколенной артерии, исследования проводили при всех степенях деформирующего артроза коленного сустава [28–35]. Большинство авторов установили, что эффективность эмболизации напрямую зависит от степени поражённости сустава [22–24, 26]. Так, при 1–2–3-й степени деформирующего артроза по K–L наблюдали стойкое уменьшение выраженности болевого синдрома в течение 2–4 лет, а при 4-й степени по K–L болевой синдром купировался в течение 1 мес с последующим усилением до начальных показателей на протяжении 3–6 мес [20–22, 26]. В то же время некоторые исследователи не наблюдали зависимости степени эффекта от выраженности дегенеративно-дистрофических

изменений [25, 36]. Из плюсов данной методики все специалисты отмечали её малоинвазивность, незначительное число противопоказаний к применению и выполнение процедуры под местной анестезией [37]. Однако к технологии в целом, её влиянию на состояние гиалинового хряща, субхондральных костных структур и околоуставных мягких тканей у исследователей остается немало вопросов [38].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эмболизация ветвей подколенной артерии как метод купирования болевого синдрома при деформирующем артрозе коленного сустава оставляет положительное впечатление. В то же время в настоящее время методика всё ещё остается малоизученной, не решены многие вопросы при её применении, а результаты, представленные научному сообществу, пока малочисленны. Для более обширного её внедрения и использования в лечении остеоартроза требуется проведение дополнительных рандомизированных исследований для определения максимальной эффективности этой технологии как в интенсивности купирования болевого синдрома, так и в продолжительности полученного результата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peat G., McCarney R., Croft P. Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care // *Ann Rheum Dis*. 2001. Vol. 60, N 2. P. 91–97. doi: 10.1136/ard.60.2.91
2. Loeser R.F., Goldring S.R., Scanzello C.R., Goldring M.B. Osteoarthritis: a disease of the joint as an organ // *Arthritis Rheum*. 2012. Vol. 64, N 6. P. 1697–1707. doi: 10.1002/art.34453
3. Goldring M.B., Otero M. Inflammation in osteoarthritis // *Curr Opin Rheumatol*. 2011. Vol. 23, N 5. P. 471–478. doi: 10.1097/BOR.0b013e328349c2b1
4. Jacobson A.F., Myerscough R.P., Delambo K., et al. Patients' perspectives on total knee replacement // *Am J Nurs*. 2008. Vol. 108, N 5. P. 54–63. doi: 10.1097/01.NAJ.0000318000.62786.fb
5. Wathiong J., Brys P., Samson I., Maleux G. Selective arterial embolization in the treatment of an aneurysmal bone cyst of the pelvis // *JBR-BTR*. 2003. Vol. 86, N 6. P. 325–328.
6. Mavrogenis A.F., Angelini A., Rossi G., et al. Successful NBCA embolization of a T2 aneurysmal bone cyst // *Acta Orthop Belg*. 2014. Vol. 80, N 1. P. 126–131.
7. Guzman R., Dubach-Schwizer S., Heini P., et al. Preoperative transarterial embolization of vertebral metastases // *Eur Spine J*. 2005. Vol. 14, N 3. P. 263–268. doi: 10.1007/s00586-004-0757-6
8. Gottfried O.N., Schmidt M.H., Stevens E.A. Embolization of sacral tumors // *Neurosurg Focus*. 2003. Vol. 15, N 2. P. E4. doi: 10.3171/foc.2003.15.2.4
9. Iwamoto W., Okuno Y., Matsumura N., et al. Transcatheter arterial embolization of abnormal vessels as a treatment for lateral epicondylitis refractory to conservative treatment: a pilot study with

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: К.М. Меджидов, Л.М. Гинзбург, Ю.С. Соловьёв, И.М. Ужахов — написание статьи, сбор данных; М.В. Паршиков — научное редактирование, рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи.

**Author's contribution.** K.M. Medjidov, L.M. Ginzburg, Yu.S. Solov'yev, I.M. Uzhakhov — writing the manuscript, data collection; M.V. Parshikov — critical revision of the manuscript for important intellectual content, review and approval of the manuscript. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

a 2-year follow-up // *J Shoulder Elbow Surg*. 2017. Vol. 26, N 8. P. 1335–1341. doi: 10.1016/j.jse.2017.03.026

10. Gremen E., Frandon J., Lateur G., et al. Safety and Efficacy of Embolization with Microspheres in Chronic Refractory Inflammatory Shoulder Pain: A Pilot Monocentric Study on 15 Patients // *Biomedicines*. 2022. Vol. 10, N 4. P. 744. doi: 10.3390/biomedicines10040744

11. Landers S., Hely R., Page R., et al. Genicular Artery Embolization to Improve Pain and Function in Early-Stage Knee Osteoarthritis—24-Month Pilot Study Results // *J Vasc Interv Radiol*. 2020. Vol. 31, N 9. P. 1453–1458. doi: 10.1016/j.jvir.2020.05.007

12. Little M.W., Gibson M., Briggs J., et al. Genicular artery embolization in patients with osteoarthritis of the Knee (GENESIS) Using Permanent Microspheres: Interim Analysis // *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021. Vol. 44, N 6. P. 931–940. doi: 10.1007/s00270-020-02764-3

13. Guevara C.J., Lee K.A., Barrack R., Darcy M.D. Technically Successful Geniculate Artery Embolization Does Not Equate Clinical Success for Treatment of Recurrent Knee Hemarthrosis after Knee Surgery // *J Vasc Interv Radiol*. 2016. Vol. 27, N 3. P. 383–387. doi: 10.1016/j.jvir.2015.11.056

14. Ashraf S., Wibberley H., Mapp P.I., et al. Increased vascular penetration and nerve growth in the meniscus: a potential source of pain in osteoarthritis // *Ann Rheum Dis*. 2011. Vol. 70, N 3. P. 523–529. doi: 10.1136/ard.2010.137844

15. Mapp P.I., Walsh D.A. Mechanisms and targets of angiogenesis and nerve growth in osteoarthritis // *Nat Rev Rheumatol*. 2012. Vol. 8, N 7. P. 390–398. doi: 10.1038/nrrheum.2012.80

16. Walsh D.A., McWilliams D.F., Turley M.J., et al. Angiogenesis and nerve growth factor at the osteochondral junction in rheumatoid arthritis and osteoarthritis // *Rheumatology (Oxford)*. 2010. Vol. 49, N 10. P. 1852–1861. doi: 10.1093/rheumatology/keq188
17. Walsh D.A., Bonnet C.S., Turner E.L., et al. Angiogenesis in the synovium and at the osteochondral junction in osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage*. 2007. Vol. 15, N 7. P. 743–751. doi: 10.1016/j.joca.2007.01.020
18. Weng L.H., Ko J.Y., Wang C.J., et al. Dkk-1 promotes angiogenic responses and cartilage matrix proteinase secretion in synovial fibroblasts from osteoarthritic joints // *Arthritis Rheum*. 2012. Vol. 64, N 10. P. 3267–3277. doi: 10.1002/art.34602
19. Pesesse L., Sanchez C., Henrotin Y. Osteochondral plate angiogenesis: a new treatment target in osteoarthritis // *Joint Bone Spine*. 2011. Vol. 78, N 2. P. 144–149. doi: 10.1016/j.jbspin.2010.07.001
20. Okuno Y., Korchi A.M., Shinjo T., Kato S. Transcatheter arterial embolization as a treatment for medial knee pain in patients with mild to moderate osteoarthritis // *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015. Vol. 38, N 2. P. 336–343. doi: 10.1007/s00270-014-0944-8
21. Okuno Y., Korchi A.M., Shinjo T., et al. Midterm clinical outcomes and MR imaging changes after transcatheter arterial embolization as a treatment for mild to moderate radiographic knee osteoarthritis resistant to conservative treatment // *J Vasc Interv Radiol*. 2017. Vol. 28, N 7. P. 995–1002. doi: 10.1016/j.jvir.2017.02.033
22. Lee S.H., Hwang J.H., Kim D.H., et al. Clinical outcomes of transcatheter arterial embolisation for chronic knee pain: mild-to-moderate versus severe knee osteoarthritis // *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2019. Vol. 42, N 11. P. 1530–1536. doi: 10.1007/s00270-019-02289-4
23. Антипов В.А., Смышляев И.А., Тумаков М.И., Гильфанов С.И. Возможности суперселективной эмболизации ветвей подколенной артерии при лечении остеоартроза коленного сустава на ранних стадиях Обзор современной литературы, анализ мирового опыта // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2019. № 2. С. 100–117. doi: 10.26269/y4wv-cn09
24. Козадаев М.Н., Щаницын И.Н., Гиркало М.В., и др. Лечение стойкого болевого синдрома при остеоартрите коленного сустава методом селективной эмболизации ветвей подколенной артерии: обзор литературы // *Травматология и ортопедия России*. 2020. Т. 26, № 4. С. 163–174. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-163-174
25. Bagla S., Piechowiak R., Hartman T., et al. Genicular artery embolization for the treatment of knee pain secondary to osteoarthritis // *J Vasc Interv Radiol*. 2019. Vol. 31, N 7. P. 1–7. doi: 10.1016/j.jvir.2019.09.018
26. Van Zadelhoff T.A., Okuno Y., Bos P.K., et al. Association between Baseline Osteoarthritic Features on MR Imaging and Clinical Outcome after Genicular Artery Embolization for Knee Osteoarthritis // *J Vasc Interv Radiol*. 2021. Vol. 32, N 4. P. 497–503. doi: 10.1016/j.jvir.2020.12.008
27. Bedson J., Croft P.R. The discordance between clinical and radiographic knee osteoarthritis: a systematic search and summary of the literature // *BMC Musculoskelet Disord*. 2008. N 9. P. 116. doi: 10.1186/1471-2474-9-116
28. Torkian P., Golzarian J., Chalian M., et al. Osteoarthritis-Related Knee Pain Treated With Genicular Artery Embolization: A Systematic Review and Meta-analysis // *Orthop J Sports Med*. 2021. Vol. 9, N 7. P. 23259671211021356. doi: 10.1177/23259671211021356
29. Bagla S., Piechowiak R., Saján A., et al. Multicenter Randomized Sham Controlled Study of Genicular Artery Embolization for Knee Pain Secondary to Osteoarthritis // *J Vasc Interv Radiol*. 2022. Vol. 33, N 1. P. 2.e2–10.e2. doi: 10.1016/j.jvir.2021.09.019
30. Casadaban L.C., Mandell J.C., Epelboym Y. Genicular Artery Embolization for Osteoarthritis Related Knee Pain: A Systematic Review and Qualitative Analysis of Clinical Outcomes // *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021. Vol. 44, N 1. P. 1–9. doi: 10.1007/s00270-020-02687-z
31. Digge V.K., Kumar V., Kar S., et al. Is there evidence to recommend transcatheter arterial embolisation in adhesive capsulitis: A review of literature // *J Orthop*. 2022. N 30. P. 77–82. doi: 10.1016/j.jor.2022.02.008
32. Fernández Martínez A.M., Baldi S., Alonso-Burgos A., et al. Mid-Term Results of Transcatheter Arterial Embolization for Adhesive Capsulitis Resistant to Conservative Treatment // *Cardiovasc Interv Radiol*. 2021. Vol. 44, N 3. P. 443–451. doi: 10.1007/s00270-020-02682-4
33. Saján A., Bagla S., Isaacson A. A Review of Musculoskeletal Embolization to Treat Pain Outside of the Knee // *Semin Intervent Radiol*. 2021. Vol. 38, N 5. P. 515–517. doi: 10.1055/s-0041-1736530
34. Landers S., Hely A., Harrison B., et al. Protocol for a single-centre, parallel-arm, randomised controlled superiority trial evaluating the effects of transcatheter arterial embolisation of abnormal knee neovasculature on pain, function and quality of life in people with knee osteoarthritis // *BMJ Open*. 2017. Vol. 7, N 5. P. e014266. doi: 10.1136/bmjopen-2016-014266
35. Saján A., Bagla S., Isaacson A. Musculoskeletal Interventions: A Review on Genicular Artery Embolization // *Semin Intervent Radiol*. 2021. Vol. 38, N 5. P. 511–514. doi: 10.1055/s-0041-1736529
36. Padia S.A., Genshaft S., Blumstein G., et al. Genicular Artery Embolization for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis // *JB JS Open Access*. 2021. Vol. 6, N 4. P. e21.00085. doi: 10.2106/JBJS.OA.21.00085
37. Lauko K., Tangchaiburana S., Padia S.A. Transarterial genicular artery embolization as treatment of painful knee osteoarthritis in a 64-year-old woman // *J Radiol Nurs*. 2020. Vol. 39, N 2. P. 89–91. doi: 10.1016/j.jradnu.2020.02.002
38. Choi J.W. Genicular Artery Embolization: Beyond the Placebo Effect, and Planning for the Long Road Ahead // *J Vasc Interv Radiol*. 2022. Vol. 33, N 1. P. 11–13. doi: 10.1016/j.jvir.2021.09.020

## REFERENCES

1. Peat G, McCarney R, Croft P. Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. *Ann Rheum Dis*. 2001;60(2):91–97. doi: 10.1136/ard.60.2.91
2. Loeser RF, Goldring SR, Scanzello CR, Goldring MB. Osteoarthritis: a disease of the joint as an organ. *Arthritis Rheum*. 2012;64(6):1697–1707. doi: 10.1002/art.34453
3. Goldring MB, Otero M. Inflammation in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 2011;23(5):471–478. doi: 10.1097/BOR.0b013e328349c2b1
4. Jacobson AF, Myerscough RP, Delambo K, et al. Patients' perspectives on total knee replacement. *Am J Nurs*. 2008;108(5):54–63. doi: 10.1097/01.NAJ.0000318000.62786.fb

5. Wathiong J, Brys P, Samson I, Maleux G. Selective arterial embolization in the treatment of an aneurysmal bone cyst of the pelvis. *JBR-BTR*. 2003;86(6):325–328.
6. Mavrogenis AF, Angelini A, Rossi G, et al. Successful NBCA embolization of a T2 aneurysmal bone cyst. *Acta Orthop Belg*. 2014;80(1):126–131.
7. Guzman R, Dubach-Schwizer S, Heini P, et al. Preoperative transarterial embolization of vertebral metastases. *Eur Spine J*. 2005;14(3):263–268. doi: 10.1007/s00586-004-0757-6
8. Gottfried ON, Schmidt MH, Stevens EA. Embolization of sacral tumors. *Neurosurg Focus*. 2003;15(2):E4. doi: 10.3171/foc.2003.15.2.4
9. Iwamoto W, Okuno Y, Matsumura N, et al. Transcatheter arterial embolization of abnormal vessels as a treatment for lateral epicondylitis refractory to conservative treatment: a pilot study with a 2-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017;26(8):1335–1341. doi: 10.1016/j.jse.2017.03.026
10. Gremen E, Frandon J, Lateur G, et al. Safety and Efficacy of Embolization with Microspheres in Chronic Refractory Inflammatory Shoulder Pain: A Pilot Monocentric Study on 15 Patients. *Biomedicines*. 2022;10(4):744. doi: 10.3390/biomedicines10040744
11. Landers S, Hely R, Page R, et al. Genicular Artery Embolization to Improve Pain and Function in Early-Stage Knee Osteoarthritis—24-Month Pilot Study Results. *J Vasc Interv Radiol*. 2020;31(9):1453–1458. doi: 10.1016/j.jvir.2020.05.007
12. Little MW, Gibson M, Briggs J, et al. Genicular artery embolization in patients with osteoarthritis of the Knee (GENESIS) Using Permanent Microspheres: Interim Analysis. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021;44(6):931–940. doi: 10.1007/s00270-020-02764-3
13. Guevara CJ, Lee KA, Barrack R, Darcy MD. Technically Successful Geniculate Artery Embolization Does Not Equate Clinical Success for Treatment of Recurrent Knee Hemarthrosis after Knee Surgery. *J Vasc Interv Radiol*. 2016;27(3):383–387. doi: 10.1016/j.jvir.2015.11.056
14. Ashraf S, Wibberley H, Mapp PI, et al. Increased vascular penetration and nerve growth in the meniscus: a potential source of pain in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2011;70(3):523–529. doi: 10.1136/ard.2010.137844
15. Mapp PI, Walsh DA. Mechanisms and targets of angiogenesis and nerve growth in osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*. 2012;8(7):390–398. doi: 10.1038/nrrheum.2012.80
16. Walsh DA, McWilliams DF, Turley MJ, et al. Angiogenesis and nerve growth factor at the osteochondral junction in rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Rheumatology (Oxford)*. 2010;49(10):1852–1861. doi: 10.1093/rheumatology/keq188
17. Walsh DA, Bonnet CS, Turner EL, et al. Angiogenesis in the synovium and at the osteochondral junction in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007;15(7):743–751. doi: 10.1016/j.joca.2007.01.020
18. Weng LH, Ko JY, Wang CJ, et al. Dkk-1 promotes angiogenic responses and cartilage matrix proteinase secretion in synovial fibroblasts from osteoarthritic joints. *Arthritis Rheum*. 2012;64(10):3267–3277. doi: 10.1002/art.34602
19. Pesesse L, Sanchez C, Henrotin Y. Osteochondral plate angiogenesis: a new treatment target in osteoarthritis. *Joint Bone Spine*. 2011;78(2):144–149. doi: 10.1016/j.jbspin.2010.07.001
20. Okuno Y, Korchi AM, Shinjo T, Kato S. Transcatheter arterial embolization as a treatment for medial knee pain in patients with mild to moderate osteoarthritis. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015;38(2):336–343. doi: 10.1007/s00270-014-0944-8
21. Okuno Y, Korchi AM, Shinjo T, et al. Midterm clinical outcomes and MR imaging changes after transcatheter arterial embolization as a treatment for mild to moderate radiographic knee osteoarthritis resistant to conservative treatment. *J Vasc Interv Radiol*. 2017;28(7):995–1002. doi: 10.1016/j.jvir.2017.02.033
22. Lee SH, Hwang JH, Kim DH, et al. Clinical outcomes of transcatheter arterial embolisation for chronic knee pain: mild-to-moderate versus severe knee osteoarthritis. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2019;42(11):1530–1536. doi: 10.1007/s00270-019-02289-4
23. Antipov VA, Smyshlyaev IA, Tumakov MI, Gilfanov SI. The possibilities superselective embolization of the genicular artery as a treatment osteoarthritis for mild knee osteoarthritis. Modern literature review. Analysis of the world experience. *Kremlin Medicine Journal*. 2019;(2):100–117. (In Russ). doi: 10.26269/y4wv-cn09
24. Kozadaev MN, Shchanitsyn IN, Girkalo MV, et al. Management of Chronic Pain Syndrome in Knee Osteoarthritis with Selective Embolization of Popliteal Artery Branches: Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(4):163–174. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-163-174
25. Bagla S, Piechowiak R, Hartman T, et al. Genicular artery embolization for the treatment of knee pain secondary to osteoarthritis. *J Vasc Interv Radiol*. 2019;31(7):1–7. doi: 10.1016/j.jvir.2019.09.018
26. Van Zadelhoff TA, Okuno Y, Bos PK, et al. Association between Baseline Osteoarthritic Features on MR Imaging and Clinical Outcome after Genicular Artery Embolization for Knee Osteoarthritis. *J Vasc Interv Radiol*. 2021;32(4):497–503. doi: 10.1016/j.jvir.2020.12.008
27. Bedson J, Croft PR. The discordance between clinical and radiographic knee osteoarthritis: a systematic search and summary of the literature. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9:116. doi: 10.1186/1471-2474-9-116
28. Torkian P, Golzarian J, Chalian M, et al. Osteoarthritis-Related Knee Pain Treated With Genicular Artery Embolization: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med*. 2021;9(7):23259671211021356. doi: 10.1177/23259671211021356
29. Bagla S, Piechowiak R, Sajan A, et al. Multicenter Randomized Sham Controlled Study of Genicular Artery Embolization for Knee Pain Secondary to Osteoarthritis. *J Vasc Interv Radiol*. 2022;33(1):2.e2–10.e2. doi: 10.1016/j.jvir.2021.09.019
30. Casadaban LC, Mandell JC, Epelboym Y. Genicular Artery Embolization for Osteoarthritis Related Knee Pain: A Systematic Review and Qualitative Analysis of Clinical Outcomes. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021;44(1):1–9. doi: 10.1007/s00270-020-02687-z
31. Digge VK, Kumar V, Kar S, et al. Is there evidence to recommend transcatheter arterial embolisation in adhesive capsulitis: A review of literature. *J Orthop*. 2022;30:77–82. doi: 10.1016/j.jor.2022.02.008
32. Fernández Martínez AM, Baldi S, Alonso-Burgos A, et al. Mid-Term Results of Transcatheter Arterial Embolization for Adhesive Capsulitis Resistant to Conservative Treatment. *Cardiovasc Interv Radiol*. 2021;44(3):443–451. doi: 10.1007/s00270-020-02682-4
33. Sajan A, Bagla S, Isaacson A. A Review of Musculoskeletal Embolization to Treat Pain Outside of the Knee. *Semin Intervent Radiol*. 2021;38(5):515–517. doi: 10.1055/s-0041-1736530
34. Landers S, Hely A, Harrison B, et al. Protocol for a single-centre, parallel-arm, randomised controlled superiority trial evaluating the effects of transcatheter arterial embolisation of abnormal knee neovasculature on pain, function and quality of life in people with knee osteoarthritis. *BMJ Open*. 2017;7(5):e014266. doi: 10.1136/bmjopen-2016-014266

- 35.** Sajan A, Bagla S, Isaacson A. Musculoskeletal Interventions: A Review on Genicular Artery Embolization. *Semin Intervent Radiol.* 2021;38(5):511–514. doi: 10.1055/s-0041-1736529
- 36.** Padia SA, Genshaft S, Blumstein G, et al. Genicular Artery Embolization for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis. *JB JS Open Access.* 2021;6(4):e21.00085. doi: 10.2106/JBJS.OA.21.00085

- 37.** Lauko K, Tangchaiburana S, Padia SA. Transarterial genicular artery embolization as treatment of painful knee osteoarthritis in a 64-year-old woman. *J Radiol Nurs.* 2020;39(2):89–91. doi: 10.1016/j.jradnu.2020.02.002
- 38.** Choi JW. Genicular Artery Embolization: Beyond the Placebo Effect, and Planning for the Long Road Ahead. *J Vasc Interv Radiol.* 2022;33(1):11–13. doi: 10.1016/j.jvir.2021.09.020

## ОБ АВТОРАХ

**\* Меджидов Камал Магомед алиевич,**

врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 142005, Домодедово, ул. Пирогова д. 9;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3967-3782>;  
e-mail: Medjidof@mail.ru

**Паршиков Михаил Викторович,** д.м.н., профессор;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4201-4577>;  
eLibrary SPIN: 5838-4366; e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

**Гинзбург Леонид Моисеевич,** к.м.н., заведующий отделением;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6807-731X>;  
e-mail: 1235263@yandex.ru

**Соловьёв Юрий Сергеевич,** заведующий отделением;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6531-9491>;  
eLibrary SPIN: 3714-1423; e-mail: iurij.soloviov@yandex.ru

**Ужахов Ибрагим Мурадович,** ассистент кафедры;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2749-9820>;  
eLibrary SPIN: 4894-8483;  
e-mail: ibra\_moscow@mail.ru

## AUTHORS INFO

**\* Kamal M. Medjidov,**

traumatologist-orthopedist;  
address: 9 Pirogova Str., 142005, Domodedovo, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3967-3782>;  
e-mail: Medjidof@mail.ru

**Mikhail V. Parshikov,** MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4201-4577>;  
eLibrary SPIN: 5838-4366; e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

**Leonid M. Ginzburg,** MD, Cand. Sci. (Med.), department head;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6807-731X>;  
e-mail: 1235263@yandex.ru

**Yuri S. Solov'yev,** department head;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6531-9491>;  
eLibrary SPIN: 3714-1423; e-mail: iurij.soloviov@yandex.ru

**Ibragim M. Uzhakhov,** department assistant,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2749-9820>;  
eLibrary SPIN: 4894-8483; e-mail: ibra\_moscow@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto101085>

# Причины неудовлетворительных результатов артропластики при остеоартрите коленного сустава в отдалённом послеоперационном периоде: обзор литературы

А.Н. Ткаченко<sup>1</sup>, А.К. Дулаев<sup>2</sup>, А.А. Спичко<sup>1</sup>, Д.Ш. Мансуров<sup>1</sup>, В.М. Хайдаров<sup>1</sup>,  
А.Г. Балглей<sup>1</sup>, И.Л. Уразовская<sup>1</sup>, А.А. Хромов<sup>1</sup>, Э. Ульхак<sup>1</sup>, Я.Б. Цололо<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Во всём мире и в том числе в России отмечают увеличение числа операций по эндопротезированию коленных суставов (ЭКС). Повышение качества имплантов, совершенствование технологий артропластики и накопление практического опыта у хирургов не привели к существенному снижению частоты развития осложнений и неудовлетворительных исходов. Негативные последствия ЭКС определяются как интраоперационно, так и в разные сроки послеоперационного периода. Обзор посвящён анализу данных литературы о частоте и структуре осложнений артропластики коленного сустава и их причинах в отдалённые сроки после операции. В последние десятилетия увеличивается численность пациентов, не удовлетворённых результатами ЭКС. Вместе с тем сведения о частоте и структуре осложнений, их причинах и о возможностях предотвращения негативных последствий остаются противоречивыми. Пристальное внимание специалистов привлекают осложнения, требующие хирургического лечения. Самым частым из них является инфекция области хирургического вмешательства. По мнению большинства исследователей, изучение проблем, связанных с прогнозом и профилактикой инфекции области хирургического вмешательства при артропластике коленного сустава, весьма актуально. В особенности это касается глубоких инфекционных осложнений после ЭКС, которые приводят к госпитализации пациентов в хирургические подразделения лечебно-профилактических учреждений и к повторным операциям. Многие авторы справедливо полагают, что именно осложнения в раннем послеоперационном периоде ведут к негативным последствиям в отдалённые послеоперационные сроки. Однако даже при отсутствии осложнений срок службы импланта не безграничен, и неудовлетворительные результаты ЭКС отмечаются и по причине износа эндопротеза. Публикации, касающиеся преждевременного или необоснованного проведения ЭКС как одной из причин негативных результатов лечения остеоартрита, всё чаще встречаются как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Продолжается и дискуссия о показаниях и противопоказаниях к артропластике коленного сустава. Представленный обзор литературы позволяет сориентироваться в состоянии вопроса на сегодняшний день.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава; осложнения; показания и противопоказания к операции.

## Как цитировать:

Ткаченко А.Н., Дулаев А.К., Спичко А.А., Мансуров Д.Ш., Хайдаров В.М., Балглей А.Г., Уразовская И.Л., Хромов А.А., Ульхак Э., Цололо Я.Б. Причины неудовлетворительных результатов артропластики при остеоартрите коленного сустава в отдалённом послеоперационном периоде: обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 317–328. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto101085>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto101085>

# Causes of unsatisfactory results of arthroplasty of the knee joint osteoarthritis in long-term postoperative period: literature review

Aleksandr N. Tkachenko<sup>1</sup>, Aleksandr K. Dulaev<sup>2</sup>, Aleksandr A. Spichko<sup>1</sup>, Djalolidin Sh. Mansurov<sup>1</sup>, Valerii M. Khaidarov<sup>1</sup>, Alexander G. Balgley<sup>1</sup>, Irina L. Urazovskaya<sup>1</sup>, Alexandr A. Khromov<sup>1</sup>, Ehsan Ulhaq<sup>1</sup>, Yaroslav B. Tsololo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

In Russia and globally, total knee arthroplasty (TKA) has been increasingly performed. The high quality of implants, improvement of arthroplasty technologies, and accumulated practical experiences of surgeons did not considerably reduce the frequency of complications and unsatisfactory operative outcomes. The negative consequences of knee replacement are determined both intraoperatively and postoperatively. This review aimed to analyze the literature on the frequency and complications of knee arthroplasty and their causes in the long-term postoperative period. In recent decades, the number of patients who are not satisfied with TKA outcomes has been increasing. Moreover, information about complications, their frequency, their causes, and possibilities of preventing negative consequences remains contradictory. Surgical treatment of complications requires particular attention, with surgical site infections as the most common. Recent studies highlight the importance of evaluating surgical site infections during and after TKA, especially for deep infectious complications after TKA, which leads to hospitalizations, and reoperations. To date, many studies have investigated early postoperative complications leading to negative consequences in the long-term postoperative period. In addition, in the absence of postoperative complications, the service life of the implant is limited, and unsatisfactory TKA outcomes were attributed to wear and tear of the endoprosthesis. Domestic and international studies about premature or unreasonable TKA, as one of the reasons for negative osteoarthritis treatment outcomes, are increasing. The discussion about the indications and contraindications for knee arthroplasty continues. This literature review discusses the current state of this topic.

**Keywords:** total knee arthroplasty; complications; indications and contraindications for total knee arthroplasty.

## To cite this article:

Tkachenko AN, Dulaev AK, Spichko AA, Mansurov DjSh, Khaidarov VM, Balgley AG, Urazovskaya IL, Khromov AA, Ulhaq E, Tsololo YB. Causes of unsatisfactory results of arthroplasty of the knee joint osteoarthritis in long-term postoperative period: literature review. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):317–328. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto110815>

## ОБОСНОВАНИЕ

Как в России, так и в других странах мира регистрируют увеличение числа операций по эндопротезированию коленных суставов (ЭКС) [1–3], однако существенного снижения частоты развития осложнений и неудовлетворительных результатов ЭКС многие исследователи не отмечают [4–8].

В настоящее время существует множество способов лечения остеоартрита коленного сустава. Консервативные методы позволяют достичь желаемого результата лишь на начальных этапах заболевания, но в далеко зашедшей стадии патологического процесса их результативность невысока. Активное развитие хирургических методик, их эффективность и быстрый результат дают возможность помочь миллионам пациентов во всём мире [9–11].

**Цель работы** — произвести анализ публикаций, посвящённых отдалённым результатам лечения пациентов с остеоартритом коленного сустава методом тотального эндопротезирования.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Проводили поиск данных в открытых электронных базах научной литературы PubMed (MEDLINE) и eLibrary. Поиск осуществляли по следующим ключевым словам и словосочетаниям: «тотальное эндопротезирование коленного сустава», «осложнения», «удовлетворённость пациентов», «показания / противопоказания к операции», «total knee replacement / arthroplasty», «complications», «indications / contraindications for surgery». Глубина поиска составила 19 лет (с 2003 по 2021 год).

**Критерии включения источников в обзор:** полнотекстовые статьи с указанием конкретных количественных данных.

**Критерии исключения:** клинические примеры и аннотации докладов.

В итоге для анализа нами было отобрано 78 источников.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Негативные последствия замены коленного сустава имплантом

Проявления дегенеративного поражения коленного сустава наблюдают у каждого 2-го пациента в возрасте старше 65 лет и более чем в 80% наблюдений у лиц старше 75 лет. Первые проявления остеоартрита коленного сустава определяются у 6% лиц старше 30 лет и у 15% населения в возрасте старше 45 лет [12].

Так, по данным ряда авторов, среди всех опорных суставов дегенеративные поражения с большей частотой характерны для коленного сустава. В Северной Америке около 1 млн хирургических вмешательств приходится на коленные суставы [13]. В России на 100 тыс.

выполненных операций по эндопротезированию суставов вмешательства по поводу замены коленного сустава составляют >40% [14].

За последние 30 лет было предложено много новых конструктивных решений в создании протезов с использованием современных данных о биомеханике коленного сустава и проведении ЭКС с применением возможностей компьютерной навигации [15, 16]. Требования к конструкциям протезов настоящее время включают:

- необходимость в минимальной резекции костной ткани;
- движения в протезе должны отвечать биомеханике движений коленного сустава;
- для изготовления протеза должны быть использованы биоинертные материалы с низким коэффициентом трения и минимальным стиранием контактирующих поверхностей [17–19].

Основными факторами, способствующими развитию осложнений, большинство ортопедов считают сложную технику вмешательств, предыдущие операции на коленном суставе, недостаточно отработанное ведение больных в послеоперационном периоде [20–22]. Также на течение восстановительного периода и результат артропластики могут влиять степень тяжести и характер иммунологической дисфункции, создавая предпосылки для развития вторичной иммуносупрессии. Всё это приводит к развитию ранних (гнойно-септических) или поздних (асептическое расшатывание компонентов эндопротеза) послеоперационных осложнений [23, 24]. Асептическая нестабильность после ЭКС, по мнению R.S. Namba и соавт. (2013), основанному на опыте проведения артропластики коленного сустава у 64 017 пациентов, приводит к реэндопротезированию в 826 (1,3%) случаев [23].

Интраоперационные осложнения ЭКС обусловлены, как правило, недостаточным планированием оперативного вмешательства, квалификацией хирурга, переломом мыщелков бедренной и большеберцовой кости и др. [5, 25]. В послеоперационном периоде после ЭКС также могут возникать осложнения: инфекция (ранняя или поздняя, поверхностная или глубокая), смещение протеза, около-суставные переломы, гематомы, неврит, тромбоэмболия, износ полиэтилена и др. [26]. В раннем послеоперационном периоде преобладают инфекционные осложнения, в позднем — асептическая нестабильность компонентов протеза, контрактуры, переломы кости в месте контакта с протезом, износ компонентов протеза, синовиты [27].

### Нестабильность импланта

Одним из самых частых осложнений отдалённого периода после ЭКС является нестабильность протеза. Частота асептической нестабильности импланта увеличивается со временем, особенно после 10 лет имплантации. Спустя это время подобные осложнения обнаруживают у 8% больных [28]. Анализ «выживаемости» 11 606 протезов коленного сустава в клинике Мейо (США) показал,

что спустя 10 лет хорошие результаты отмечаются в 91, через 15 — в 84, через 20 — в 78% случаев. У больных, возраст которых был <55 лет, через 10 лет «выживание» протезов составляло 83%, тогда как у пациентов старше 70 лет — 94%. Протезы на цементе через этот период времени сохраняли функционирование в 92, тогда как бесцементные — в 61% случаев [29]. М.А. Монт и соавт. приводят противоположные данные: пациенты, которым проводится тотальное ЭКС с цементированием, могут быть подвержены риску более низкой «выживаемости» имплантов и более высокой частоты ревизий из-за распространённости нестабильности имплантов в этой когорте [30].

### **Тромбоэмболические осложнения и кровопотеря**

Артропластика коленного сустава, как и другие крупные вмешательства на нижних конечностях, создаёт риски развития тромбоэмболических осложнений. Тромбоз глубоких вен нижних конечностей, по данным различных специалистов, верифицируют у 9–64% пациентов. Многие авторы считают, что тромботические осложнения после ЭКС повышают риск развития неудовлетворительных функциональных результатов и обуславливают снижение качества жизни в отдалённые сроки после операции [31, 32].

Также следует отметить, что эндопротезирование может осложниться кровотечениями различной степени тяжести с размером кровопотери до 20–40% объёма циркулирующей крови [33]. По данным некоторых исследователей, кровопотеря при ЭКС может составлять 570–2500 мл [34].

Результаты артропластики коленного сустава находятся в прямой зависимости от ряда факторов, к которым относятся возраст пациента и индекс массы тела (ИМТ), наличие осложнений, степень выраженности сопутствующей патологии, длительность ожидания эндопротезирования, а также тип эндопротеза, способ его фиксации и пр. [35–37].

### **Зависимость осложнений от возраста**

Некоторые специалисты считают, что у лиц старших возрастных групп (>75 лет) в сравнении с более молодыми больными (<65 лет), несмотря на чаще отмечающуюся сопутствующую патологию, значимых различий в частоте резидуальной боли и показателях функции оперированного сустава не отмечается [38].

В исследованиях J.F. Maerpel и соавт. показано, что у пациентов в возрасте 80 лет после первичного ЭКС происходит более выраженное улучшение послеоперационных показателей функции сустава, дисабилитации и качества жизни, особенно повседневного комфорта и интенсивности боли, чем у пациентов более молодого возраста [39].

Достаточно высокую частоту неблагоприятных исходов первичной артропластики коленного сустава

у 661 пациента среднего (около 54 лет) возраста наблюдали J. Parvizi и соавт.: более чем у 1/3 прооперированных сохранились болевой синдром, отёчность сустава, щелчков в нём при движениях; более чем у 40% пациентов зафиксировали контрактуру сустава [40].

В другом исследовании 136 пациентов также среднего (до 60 лет) возраста установлено, что уровень удовлетворённости хирургическим лечением составляет всего 68% [41]. В связи с этим показания к первичной артропластике коленного сустава у молодых и/или активных пациентов нуждаются в коррекции [5, 42].

### **Высокий индекс массы тела как предиктор осложнений**

Особенный интерес для исследователей при артропластике тазобедренного и коленного сустава представляют пациенты с ожирением. Большинство авторов сообщают о неудовлетворительных результатах функционирования импланта, а также о высоких рисках послеоперационных осложнений при ИМТ >40 кг/м<sup>2</sup> [43, 44].

### **Влияние психоэмоционального состояния на результаты эндопротезирования**

В числе факторов, потенцирующих неблагоприятные результаты, необходимо также отметить проблемы в психоэмоциональном состоянии больных [45, 46]. Пациенты с высоким уровнем предоперационной тревоги и депрессии субъективно могут чувствовать отсутствие улучшения функции сустава после эндопротезирования, хотя объективно показатели функции оперированного сустава у них практически идентичны таковым в контрольной группе [47].

В свою очередь, функциональный результат артропластики коленного сустава влияет на состояние опорно-двигательной системы и, в частности, функцию контрлатеральной нижней конечности [48]. За 10 лет после артропластики коленного сустава число больных, нуждающихся в эндопротезировании контрлатерального коленного сустава, достигает 40% [49].

### **Неудовлетворённость пациента результатами артропластики**

Следует помнить, что даже при отсутствии каких-либо осложнений пациент может быть не удовлетворён исходом артропластики из-за сохранения болевого синдрома, физической дисфункции, завышенных ожиданий результатов, что приводит к низкой оценке качества жизни при хороших функциональных результатах [50–52].

Принимая решение о проведении артропластики, врачи исходят из большого числа факторов, учитывая стадию патологического процесса, интенсивность болевого синдрома, степень ограничения жизнедеятельности, наличие и степень выраженности сопутствующей патологии, желание самого пациента, опыт хирурга и его

предпочтения и др. Многие из этих факторов являются субъективными [53].

После изучения экономической составляющей операций эндопротезирования ряд исследователей заключили, что экономическая эффективность вмешательства достигается лишь у пациентов с конечной стадией остеоартрита [54]. Способы оценки результатов артропластики в настоящее время являются неоднозначными, что определяется различием подходов к проведению вмешательств, разными типами применяемых имплантов, а также отсутствием общепризнанного универсального метода оценки результатов лечения [37, 40, 50].

### **Обоснованность выполнения эндопротезирования**

Некоторые авторы делают акцент на том, что в настоящее время отсутствуют объективные критерии показаний к эндопротезированию при остеоартрите [5, 55–57].

К абсолютным местным противопоказаниям к ЭКС относят острый и хронический инфекционный процесс, а к относительным — обширные рубцы в области сустава, резкое снижение функции мышц [58]. Несмотря на постоянное совершенствование протезов и значительный клинический опыт ортопедов, до сегодняшнего дня у 3–12% таких больных отмечаются осложнения в раннем и позднем послеоперационном периоде [59, 60].

Показания к замене сустава имплантом очень широки. Так, например, в США число необоснованно выполненных артропластик коленного сустава достигает 1/3 общей численности контингента пациентов, перенёвших ЭКС [61]. Ряд исследователей отмечают, что ЭКС выполняется без достаточных на то оснований в 7–34% случаев [62, 63]. Помимо этого, имеются сведения о том, что у 82% больных, которые перенесли эндопротезирование коленного и тазобедренного сустава, восстановления физической активности не происходит, и они вынуждены, как и до операции, вести малоподвижный образ жизни [64]. Приводятся данные, что уже через год после артропластики 12–30% пациентов оказываются не удовлетворёнными её результатом, что чаще всего происходит из-за завышенных ожиданий. С течением времени после вмешательства эти показатели лишь увеличиваются [58].

### **Консервативное лечение остеоартрита и органосохраняющие операции как способ отсрочки артропластики**

Многие учёные полагают, что эндопротезирование должно быть максимально отсроченным, в особенности у лиц молодого и среднего возраста. Целесообразным считается использование современных методик консервативного лечения и выполнение органосохраняющих хирургических вмешательств [55, 65–67].

В последние годы растёт число публикаций, свидетельствующих о том, что у пациентов с заболеваниями суставов недостаточно часто применяют консервативные

методы лечения и органосохраняющие операции [67–69]. В Великобритании начато ведение Национального регистра пациентов, которые перенесли операции на суставах без артропластики. Авторы приводят данные об эффективности органосохраняющих вмешательств в отношении снижения интенсивности болевого синдрома и улучшения качества жизни пациентов [70]. По мнению специалистов, с помощью таких операций можно замедлить развитие остеоартрита в долгосрочной перспективе, что приведёт к значительной отсрочке эндопротезирования сустава [71].

Число ревизионных вмешательств после ЭКС имеет устойчивую тенденцию к росту из-за осложнений артропластики. Этот показатель составляет 3,3–10,8% общего числа выполненных операций эндопротезирования [35, 72–74]. До 20% пациентов, перенёвших артропластику коленного сустава, остаются недовольны результатом хирургического лечения [32]. Следует отметить, что несмотря на существенное снижение интенсивности болевых ощущений и повышение самооценки своих функциональных возможностей, у пациентов после артропластики коленного сустава отмечается снижение уровня физической активности, особенно при выполнении двигательных задач с повышенной потребностью в работе мышц нижних конечностей [75–78].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Нестабильность компонентов эндопротеза, износ полиэтиленовой вкладки и прогрессирование дегенеративного процесса в контрлатеральном суставе являются основными типами осложнений артропластики коленного сустава в отдалённые после операции сроки. В ряде случаев их развитие можно объяснить наличием осложнений в раннем послеоперационном периоде (значительная кровопотеря, инфекция области хирургического вмешательства, тромбоэмболические осложнения), особенностями психоэмоционального состояния больного, высоким ИМТ и др. Однако во многих наблюдениях к неблагоприятному течению отдалённого послеоперационного периода приводит естественный износ компонентов импланта. В настоящее время созданы современные импланты и технологии лечения пациентов, которые нуждаются в артропластике коленного сустава. При этом во многих работах показано, что увеличивается число пациентов, не удовлетворённых результатами ЭКС в долгосрочной перспективе. Первоочередной причиной этого, по мнению многих авторов, является необоснованное расширение показаний к данному виду оперативного вмешательства, что, в свою очередь, приводит к возрастающему числу осложнений. Всё это способствует увеличению числа ревизионных вмешательств, для которых характерны заведомо худшие долгосрочные результаты и более высокая частота осложнений. В итоге происходит формирование так называемого порочного круга,

приводящего к ухудшению качества жизни пациента. Всё перечисленное обуславливает необходимость проведения исследований для уточнения показаний и противопоказаний к артропластике коленного сустава, в особенности у лиц молодого и среднего возраста.

В публикациях как отечественных, так и зарубежных авторов чётко прослеживаются и основные тенденции, характеризующие проблемы отдалённого послеоперационного периода ЭКС. К ним относятся отсутствие единой общепризнанной методики оценки функциональных результатов и качества жизни пациента; значительная численность контингента пациентов, замена коленного сустава которым проводится необоснованно; отсутствие строгих показаний к проведению артропластики; оценка ЭКС многими специалистами-ортопедами как метода выбора лечения остеоартрита без использования имеющихся в арсенале консервативных методов и органосохраняющих операций. При этом в литературе недостаточно отражены возможности прогноза и профилактики негативных последствий артропластики коленного сустава в отдалённые после операции сроки, а исследования, посвящённые сравнению отдалённых функциональных результатов и качества жизни пациентов с различными протоколами ведения, единичны. Все эти вопросы являются побудительным мотивом для проведения ряда исследований по поиску места артропластики, органосохраняющих операций и консервативных способов лечения остеоартрита коленного сустава.

## ВЫВОДЫ

- Основными осложнениями отдалённого послеоперационного периода после ЭКС являются нестабильность компонентов эндопротеза, износ полиэтиленовой вкладки и прогрессирование дегенеративного процесса в контрлатеральном суставе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кавалерский Г.М., Середа А.П., Лычагин А.В., Сметанин С.М. Эндопротезирование суставной поверхности надколенника при тотальной артропластике коленного сустава: аналитический обзор литературы // Травматология и ортопедия России. 2014. Т. 20, № 3. С. 128–141. doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-128-141
2. Логвинов Н.Л., Хорошков С.Н., Ярыгин Н.В. Анализ результатов тотального эндопротезирования коленного сустава по 18-летним данным австралийского регистра AOANJRR // Кафедра травматологии и ортопедии. 2020. Т. 40, № 2. С. 44–59. doi: 10.17238/issn2226-2016.2020.2.44-59
3. Tung K.-K., Lee Y.-H., Lin C.C., et al. Opposing Trends in Total Knee and Hip Arthroplasties for Patients with Rheumatoid Arthritis vs. the General Population — a 14-Year Retrospective Study in Taiwan // Front Med (Lausanne). 2021. N 8. P. 640275. doi: 10.3389/fmed.2021.640275
4. Узбиков П.М. Эволюция технологий протезирования коленного сустава // Бюллетень науки и практики. 2017. Т. 23, № 10. С. 63–66.

неративного процесса в контрлатеральном суставе. Дополнительными факторами, которые обуславливают негативные результаты артропластики коленного сустава, считают развитие локального остеопороза, перипротезные переломы, инфекционные осложнения, болевой синдром и др.

- До 30% операций по замене коленного сустава имплантом выполняют необоснованно.
- В настоящее время отсутствует единый общепризнанный алгоритм лечения остеоартрита коленного сустава, включающий в себя консервативные способы лечения, органосохраняющие операции и эндопротезирование.
- Решение вопросов об уточнении показаний к артропластике коленного сустава служит предметом изучения специалистов во всём мире.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, прочли и одобрили финальную версию рукописи перед публикацией).

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

5. Вороков А.А., Бортулев П.И., Хайдаров В.М., и др. Эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов: показания к операции // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2020. Т. 8, № 3. С. 355–364. doi: 10.17816/PTORS34164
6. Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Карпунин А.С., и др. Одномыщелковое латеральное эндопротезирование в структуре современной артропластики коленного сустава: «горе от ума» или оптимальное решение? // Травматология и ортопедия России. 2020. Т. 26, № 3. С. 34–48. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-34-48
7. Koh I.J., Kim M.S., Sohn S., et al. Predictive Factors for Satisfaction after Contemporary Unicompartmental Knee Arthroplasty and High Tibial Osteotomy in Isolated Medial Femorotibial Osteoarthritis // Orthop Traumatol Surg Res. 2019. Vol. 105, N 1. P. 77–83. doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.001
8. Ucan V., Pulatkan A., Tuncay I. Unicompartmental Knee Arthroplasty Combined with High Tibial Osteotomy in Anteromedial Osteoarthritis: A Case Report // Int J Surg Case Rep. 2021. N 81. P. 105746. doi: 10.1016/j.ijscr.2021.105746

9. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Филь А.С., Муравьева Ю.В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.П. Вредена за 2011–2013 годы // Травматология и ортопедия России. 2015. Т. 21, № 1. С. 136–151. doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151
10. Кавалерский Г.М., Лычагин А.В., Сметанин С.М., и др. Историческое развитие концепции эндопротезирования коленного сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. Т. 19, № 3. С. 16–19.
11. Martin J.R., Beahrs T.R., Stuhlman C.R., Trousdale R.T. Complex Primary Total Knee Arthroplasty: Long-Term Outcomes // J Bone Joint Surg Am. 2016. Vol. 98, N 17. P. 1459–1470. doi: 10.2106/JBJS.15.01173
12. Жук Н.П., Маципура М.М. Современные взгляды и место монокондилярного эндопротезирования в лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава // Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2019. № 2. С. 48–55.
13. Kearon C. Duration of Venous Thromboembolism Prophylaxis after Surgery // Chest. 2003. Vol. 124, Suppl. 6. P. 386S–392S. doi: 10.1378/chest.124.6\_suppl.386s
14. Хело М.Д., Ахтямов И.Ф., Саид Ф.М., и др. Ближайшие функциональные результаты тотального эндопротезирования коленного сустава у пациентов с алиментарным ожирением // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2018. Т. 25, № 3–4. С. 30–35. doi: 10.17116/vto201803-04130
15. Higuera C.A., Deirmengian C. The New Technologies in Knee Arthroplasty // J Clin Rheumatol. 2012. Vol. 18, N 7. P. 345–348. doi: 10.1097/RHU.0b013e3182724079
16. Patrick N.J., Man L.L.C., Wai-Wang C., et al. No Difference in Long-Term Functional Outcomes or Survivorship after Total Knee Arthroplasty with or without Computer Navigation: A 17-Year Survivorship Analysis // Knee Surg Relat Res. 2021. Vol. 33, N 1. P. 30. doi: 10.1186/s43019-021-00114-2
17. Kim Y.-H., Park J.W., Kim J.S. Computer-navigated versus conventional total knee arthroplasty: a prospective randomized trial // J Bone Joint Surg Am. 2012. Vol. 94, N 22. P. 2017–2024. doi: 10.2106/JBJS.L.00142
18. Jones C.W., Jerabek S.A. Current Role of Computer Navigation in Total Knee Arthroplasty // J Arthroplasty. 2018. Vol. 33, N 7. P. 1989–1993. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.027
19. de Steiger R.N., Liu Y.-E., Graves S.E. Computer navigation for total knee arthroplasty reduces revision rate for patients less than sixty-five years of age // J Bone Joint Surg Am. 2015. Vol. 97, N 8. P. 635–642. doi: 10.2106/JBJS.M.01496
20. Rothenberg A.C., Wilson A.E., Hayes J.P., et al. Sonication of Arthroplasty Implants Improves Accuracy of Periprosthetic Joint Infection Cultures // Clin Orthop Relat Res. 2017. Vol. 475, N 7. P. 1827–1836. doi: 10.1007/s11999-017-5315-8
21. Goh G.S., Parvizi J. Think Twice before Prescribing Antibiotics for That Swollen Knee: The Influence of Antibiotics on the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection // Antibiotics (Basel). 2021. Vol. 10, N 2. P. 114. doi: 10.3390/antibiotics10020114
22. Liu Y., Zeng Y., Wu Y., et al. A Comprehensive Comparison between Cementless and Cemented Fixation in the Total Knee Arthroplasty: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis // J Orthop Surg Res. 2021. Vol. 16, N 1. P. 176. doi: 10.1186/s13018-021-02299-4
23. Namba R.S., Inacio M.C., Paxton E.W. Risk factors associated with deep surgical site infections after primary total knee arthroplasty: an analysis of 56,216 knees // J Bone Joint Surg. 2013. Vol. 95, N 9. P. 775–782. doi: 10.2106/JBJS.L.00211
24. Zhou K., Yu H., Li J., et al. No Difference in Implant Survivorship and Clinical Outcomes between Full-Cementless and Full-Cemented Fixation in Primary Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis // Int J Surg. 2018. N 53. P. 312–319. doi: 10.1016/j.ijsu.2018.04.015
25. Vakharia A.M., Cohen-Levy W.B., Vakharia R.M., et al. Perioperative Complications in Patients with Rheumatoid Arthritis Following Primary Total Knee Arthroplasty: An Analysis of 102,898 Patients // J Knee Surg. 2019. Vol. 32, N 11. P. 1075–1080. doi: 10.1055/s-0039-1692397
26. Ткаченко А.Н., Алказ А.В. Возможности прогноза и профилактики местных инфекционных осложнений при эндопротезировании коленного сустава. Санкт-Петербург: Реноме, 2017.
27. Yamanaka H., Goto K.-I., Suzuki M. Clinical Results of Hi-Tech Knee II Total Knee Arthroplasty in Patients with Rheumatoid Arthritis: 5- to 12-Year Follow-Up // J Orthop Surg Res. 2012. N 7. P. 9. doi: 10.1186/1749-799X-7-9
28. Schwartz C. How to reduce osteopenia in total knee arthroplasty? // Eur J Orthop Surg Traumatol. 2019. Vol. 29, N 1. P. 139–145. doi: 10.1007/s00590-018-2290-z
29. Rand J.A., Trousdale R.T., Ilstrup D.M., Harmsen W.S. Factors affecting the durability of primary total knee prostheses // J Bone Joint Surg. 2003. Vol. 85, N 2. P. 259–265. doi: 10.2106/00004623-200302000-00012
30. Mont M.A., Gwam C., Newman J.M., et al. Outcomes of a newer-generation cementless total knee arthroplasty design in patients less than 50 years of age // Ann Transl Med. 2017. Vol. 5. Suppl. 3. P. S24. doi: 10.21037/atm.2017.08.20
31. Шевченко Ю.Л., Стойко Ю.М., Замятин М.Н., и др. Комплексная профилактика венозных тромбоэмболических осложнений после эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов // Медицинский совет. 2014. № 2. С. 8–13. doi: 10.21518/2079-701X-2014-2-8-13
32. Власова И.В., Власов С.В., Милюков А.Ю., Цюрюпа В.Н. Особенности тромботических осложнений после эндопротезирования коленного сустава // Политравма. 2018. № 2. С. 69–74.
33. Накопия В.Б., Корнилов Н.Н., Божкова С.А., и др. Скрытая кровопотеря после тотального эндопротезирования коленного сустава на фоне комплексной антикоагулянтной тромбопрофилактики // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. С. 97. doi: 10.17513/spno.27272
34. Чугаев Д.В., Корячкин В.А., Корнилов Н.Н., и др. Нехирургические методики кровесбережения у больных при тотальном эндопротезировании коленного сустава (обзор литературы) // Трансфузиология. 2017. Т. 18, № 1. С. 39–50.
35. Загородний Н.В., Нуждин В.И., Каграманов С.В., и др. 20-летний опыт эндопротезирования крупных суставов в специализированном отделении ЦИТО им. Н.Н. Приорова // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2011. Т. 18, № 2. С. 52–58. doi: 10.17816/vto201118252-58
36. Миронов С.П., Очкуренко А.А., Очкуренко Н.В., Перминов В.А. Объединяя травматолого-ортопедическую службу нашей страны // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021. Т. 28, № 1. С. 7–15. doi: 10.17816/vto63445
37. Paxton E.W., Inacio M.C.S., Khatod M., et al. Risk Calculators Predict Failures of Knee and Hip Arthroplasties: Findings from a Large Health Maintenance Organization // Clin Orthop Relat Res. 2015. Vol. 473, N 12. P. 3965–3973. doi: 10.1007/s11999-015-4506-4

38. Kuperman E.F., Schweizer M., Joy P., et al. The Effects of Advanced Age on Primary Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis and Systematic Review // *BMC Geriatr.* 2016. N 16. P. 41. doi: 10.1186/s12877-016-0215-4
39. Maempel J.F., Riddoch F., Calleja N., Brenkel I.J. Longer Hospital Stay, More Complications, and Increased Mortality but Substantially Improved Function after Knee Replacement in Older Patients // *Acta Orthop.* 2015. Vol. 86, N 4. P. 451–456. doi: 10.3109/17453674.2015.1040304
40. Parvizi J., Nunley R.M., Berend K.R., et al. High Level of Residual Symptoms in Young Patients after Total Knee Arthroplasty // *Clin Orthop Relat Res.* 2014. Vol. 472, N 1. P. 133–137. doi: 10.1007/s11999-013-3229-7
41. Klit J., Jacobsen S., Rosenlund S., et al. Total Knee Arthroplasty in Younger Patients Evaluated by Alternative Outcome Measures // *J Arthroplasty.* 2014. Vol. 29, N 5. P. 912–917. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.035
42. Canovas F., Dagneaux L. Quality of Life after Total Knee Arthroplasty. Review Article // *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018. Vol. 104, Suppl. 1. P. S41–S46. doi: 10.1016/j.otsr.2017.04.017
43. Hofstede S.N., Gademan M.G.J., Vliet Vlieland T.P.M., et al. Preoperative Predictors for Outcomes after Total Hip Replacement in Patients with Osteoarthritis: A Systematic Review // *BMC Musculoskelet Disord.* 2016. N 17. P. 212. doi: 10.1186/s12891-016-1070-3
44. Romero J.A., Jones R., Brown T.S., Shahrestani S.N. Morbid Obesity in Total Hip Arthroplasty: What Does it Mean? // *Semin Arthroplasty.* 2017. Vol. 28, N 4. P. 254–258. doi: 10.1053/j.sart.2018.02.013
45. Dowsey M.M., Spelman T., Choong P.F.M. Development of a Prognostic Nomogram for Predicting the Probability of Nonresponse to Total Knee Arthroplasty 1 Year after Surgery // *J Arthroplasty.* 2016. Vol. 31, N 8. P. 1654–1660. doi: 10.1016/j.arth.2016.02.003
46. Van Onsem S., Van Der Straeten C., Arnout N., et al. A New Prediction Model for Patient Satisfaction after Total Knee Arthroplasty // *J Arthroplasty.* 2016. Vol. 31, N 12. P. 2660–2667. doi: 10.1016/j.arth.2016.06.004
47. Ellis H.B., Howard K.J., Khaleel M.A., Bucholz R. Effect of Psychopathology on Patient-Perceived Outcomes of Total Knee Arthroplasty within an Indigent Population // *J Bone Joint Surg Am.* 2012. Vol. 94, N 12. P. e84. doi: 10.2106/JBJS.K.00888
48. Coulter C.L., Weber J.M., Scarvell J.M. Group Physiotherapy Provides Similar Outcomes for Participants after Joint Replacement Surgery as 1-to-1 Physiotherapy: A Sequential Cohort Study // *Arch Phys Med Rehabil.* 2009. Vol. 90, N 10. P. 1727–1733. doi: 10.1016/j.apmr.2009.04.019
49. Santana D.C., Anis H.K., Mont M.A., et al. What is the Likelihood of Subsequent Arthroplasties after Primary TKA or THA? Data from the Osteoarthritis Initiative // *Clin Orthop Relat Res.* 2020. Vol. 478, N 1. P. 34–41. doi: 10.1097/CORR.0000000000000925
50. Лычагин А.В., Грицюк А.А., Кавалерский Г.М., Фань У. Варианты комплексного обезболивания после первичного эндопротезирования коленного сустава // *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2019. Т. 37, № 3. С. 11–15. doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.3.11-15
51. Neuprez A., Delcour J.-P., Fatemi F., et al. Patients' Expectations Impact Their Satisfaction Following Total Hip or Knee Arthroplasty // *PLoS One.* 2016. Vol. 11, N 12. P. e0167911. doi: 10.1371/journal.pone.0167911
52. Halawi M.J., Jongbloed W., Baron S., et al. Patient Dissatisfaction after Primary Total Joint Arthroplasty: The Pat. Perspective // *J Arthroplasty.* 2019. Vol. 34, N 6. P. 1093–1096. doi: 10.1016/j.arth.2019.01.075
53. Hawker G., Bohm E.R., Conner-Spady B., De Coster C. Perspectives of Canadian Stakeholders on Criteria for Appropriateness for Total Joint Arthroplasty in Patients with Hip and Knee Osteoarthritis // *Arthritis Rheumatol.* 2015. Vol. 67, N 7. P. 1806–1815. doi: 10.1002/art.39124
54. Kamaruzaman H., Kinghorn P., Oppong R. Cost-Effectiveness of Surgical Interventions for the Management of Osteoarthritis: A Systematic Review of the Literature // *BMC Musculoskelet Disord.* 2017. Vol. 18, N 1. P. 183. doi: 10.1186/s12891-017-1540-2
55. Лычагин А.В., Гаркави А.В., Мещеряков В.А., Кайков В.С. Остеоартроз коленного сустава у пожилых — всегда ли оправдано эндопротезирование? // *Вестник РГМУ.* 2019. № 2. С. 77–82. doi: 10.24075/brsmu.2019.020
56. Maillefert J.F., Roy C., Cadet C., et al. Factors Influencing Surgeons' Decisions in the Indication for Total Joint Replacement in Hip Osteoarthritis in Real Life // *Arthritis Rheum.* 2008. Vol. 59, N 2. P. 255–262. doi: 10.1002/art.23331
57. Moorhouse A., Giddins G. National Variation between Clinical Commissioning Groups in Referral Criteria for Primary Total Hip Replacement Surgery // *Ann R Coll Surg Engl.* 2018. Vol. 100, N 6. P. 443–445. doi: 10.1308/rcsann.2018.0044
58. Clarke M.J.H., Salar O., Evans J.P., et al. Prosthetic Joint Infection of the Knee — Arthroscopic Biopsy Identifies More and Different Organisms than Aspiration Alone // *Knee.* 2021. N 32. P. 183–191. doi: 10.1016/j.knee.2021.08.016
59. Miller A.O., Brause B.D. Perioperative Infection in the Patient with Rheumatic Disease // *Curr Rheumatol Rep.* 2013. Vol. 15, N 12. P. 379. doi: 10.1007/s11926-013-0379-2
60. Mühlenfeld M., Strahl A., Bechler U., et al. Bone Mineral Density Assessment by DXA in Rheumatic Patients with End-Stage Osteoarthritis Undergoing Total Joint Arthroplasty // *BMC Musculoskelet Disord.* 2021. Vol. 22, N 1. P. 173. doi: 10.1186/s12891-021-04039-5
61. Riddle D.L., Jiranek W.A., Hayes C.W. Use of a Validated Algorithm to Judge the Appropriateness of Total Knee Arthroplasty in the United States: A Multicenter Longitudinal Cohort Study // *Arthritis Rheumatol.* 2014. Vol. 6, N 8. P. 2134–2143. doi: 10.1002/art.38685
62. Ghomrawi H.M.K., Alexiades M., Pavlov H., et al. Evaluation of Two Appropriateness Criteria for Total Knee Replacement // *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2014. Vol. 66, N 11. P. 1749–1753. doi: 10.1002/acr.22390
63. Franklin P., Nguyen U., Ayers D., Weissman N. Improving the Criteria for Appropriateness of Total Joint Replacement Surgery: Comment on the Article by Riddle et al // *Arthritis Rheumatol.* 2015. Vol. 67, N 2. P. 585. doi: 10.1002/art.38926
64. Harding P., Holland A.E., Delany C., Hinman R.S. Do Activity Levels Increase after Total Hip and Knee Arthroplasty? // *Clin Orthop Relat Res.* 2014. Vol. 472, N 5. P. 1502–1511. doi: 10.1007/s11999-013-3427-3
65. Назаров Е.А., Селезнев А.В. Региональный противоартрозный диспансер // *Практическая медицина.* 2021. Т. 19, № 3. С. 16–19. doi: 10.32000/2072-1757-2021-3-16-19
66. Федоров Р.Э., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А. Частичная артропластика коленного сустава в РФ: недооцененный вид эндопротезирования, несмотря на значимые отдаленные результаты // *Opinion Leader.* 2018. Т. 10, № 2. С. 22–26.
67. Dabare C., Marshall K.L., Leung A., et al. Differences in Presentation, Progression and Rates of Arthroplasty between Hip and Knee Osteoarthritis: Observations from an

Osteoarthritis Cohort Study — A Clear Role for Conservative Management // *Int J Rheum Dis*. 2017. Vol. 20, N 10. P. 1350–1360. doi: 10.1111/1756-185X.13083

68. Selten E.M., Vriezekolk J.E., Geenen R., et al. Reasons for Treatment Choices in Knee and Hip Osteoarthritis: A Qualitative Study // *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2016. Vol. 68, N 9. P. 1260–1267. doi: 10.1002/acr.22841

69. Abbate L.M., Jeffreys A.S., Coffman C.J., et al. Demographic and Clinical Factors Associated with Nonsurgical Osteoarthritis Treatment Among Patients in Outpatient Clinics // *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2018. Vol. 70, N 8. P. 1141–1149. doi: 10.1002/acr.23466

70. Humphrey J.A., George M.D., Bankes M.J.K. Experience and Outcome Data of the British Non-Arthroplasty Hip Registry // *Hip Int*. 2018. Vol. 28, N 4. P. 429–433. doi: 10.5301/hipint.5000594

71. Yasunaga Y., Mitsuo O., Takuma Y., et al. Rotational Acetabular Osteotomy for Pre- and Early Osteoarthritis Secondary to Dysplasia Provides Durable Results at 20 Years // *Clin Orthop Relat Res*. 2016. Vol. 474, N 10. P. 2145–2153. doi: 10.1007/s11999-016-4854-8

72. Voss B., El-Othmani M.M., Schnur A.-K., et al. A Meta-Analysis Comparing All-Polyethylene Tibial Component to Metal-Backed Tibial Component in Total Knee Arthroplasty: Assessing Survivorship and Functional Outcomes // *J Arthroplasty*. 2016. Vol. 31, N 11. P. 2628–2636. doi: 10.1016/j.arth.2015.08.035

73. Gwam C.U., George N.E., Etcheson J.I., et al. Cementless versus Cemented Fixation in Total Knee Arthroplasty: Usage, Costs, and Complications During the Inpatient Period // *J Knee Surg*. 2018. Vol. 32, N 11. P. 1081–1087. doi: 10.1055/s-0038-1675413

74. AbuMoussa S., Cody White C. 4th, Eichinger J.K., Friedman R.J. All-Polyethylene versus Metal-Backed Tibial Components in Total Knee Arthroplasty // *J Knee Surg*. 2019. Vol. 32, N 8. P. 714–718. doi: 10.1055/s-0039-1683979

75. Loughhead J.M., Malhan K., Mitchell S.Y., et al. Outcome Following Knee Arthroplasty Beyond 15 Years // *Knee*. 2008. Vol. 15, N 2. P. 85–90. doi: 10.1016/j.knee.2007.11.003

76. Messier S.P., Callahan L.F., Golightly Y.M., Keefe F.J. OARSI Clinical Trials Recommendations: Design and Conduct of Clin. Trials of Lifestyle Diet and Exercise Interventions for Osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage*. 2015. Vol. 23, N 5. P. 787–797. doi: 10.1016/j.joca.2015.03.008

77. van der Wees P.J., Wammes J.J.G., Akkermans R.P., et al. Patient-Reported Health Outcomes after Total Hip and Knee Surgery in a Dutch University Hospital Setting: Results of Twenty Years Clin. Registry // *BMC Musculoskelet Disord*. 2017. Vol. 18, N 1. P. 97. doi: 10.1186/s12891-017-1455-y

78. Gaffney B.M., Harris M.D., Davidson B.S., et al. Multi-Joint Compensatory Effects of Unilateral Total Knee Arthroplasty During High-Demand Tasks // *Ann Biomed Eng*. 2016. Vol. 44, N 8. P. 2529–2541. doi: 10.1007/s10439-015-1524-z

## REFERENCES

1. Kavalersky GM, Sereda AP, Lychagin AV, Smetanin SM. Patellar resurfacing of total knee arthroplasty: analytical review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2014;20(3):128–141. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2014-0-3-128-141

2. Logvinov NL, Khoroshkov SN, Yarygin NV. Analysis of the result of the total knee joint replacement during 18-year data Australian registry AOANJRR. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2020;40(2):44–59. (In Russ). doi: 10.17238/issn2226-2016.2020.2.44-59

3. Tung K-K, Lee Y-H, Lin CC, et al. Opposing Trends in Total Knee and Hip Arthroplasties for Patients with Rheumatoid Arthritis vs. the General Population — a 14-Year Retrospective Study in Taiwan. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:640275. doi: 10.3389/fmed.2021.640275

4. Uzbikov RM. To the question of long-term passive engine therapy. *Bulletin of Science and Practice*. 2017;23(10):63–66. (In Russ).

5. Vorokov AA, Bortulev PI, Khaydarov VM, et al. Total hip and knee arthroplasty: on the issue of indications for surgery. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(3):355–364. (In Russ). doi: 10.17816/PTORS34164

6. Chugaev DV, Kornilov NN, Karpukhin AS, et al. 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 Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-3-34-48

7. Koh IJ, Kim MS, Sohn S, et al. Predictive Factors for Satisfaction after Contemporary Unicompartmental Knee Arthroplasty and High Tibial Osteotomy in Isolated Medial Femorotibial Osteoarthritis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(1):77–83. doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.001

8. Ucan V, Pulatkan A, Tuncay I. Unicompartmental Knee Arthroplasty Combined with High Tibial Osteotomy in Anteromedial Osteoarthritis: A Case Report. *Int J Surg Case Rep*. 2021;81:105746. doi: 10.1016/j.ijscr.2021.105746

9. Kornilov NN, Kulyaba TA, Fil AS, Muravyeva YV. Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011–2013. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015;21(1):136–151. (In Russ). doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-1-136-151

10. Kavalerskiy GM, Lychagin AV, Smetanin SM, et al. The historical development of knee arthroplasty concepts. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2016;19(3):16–19. (In Russ).

11. Martin JR, Beahrs TR, Stuhlman CR, Trousdale RT. Complex Primary Total Knee Arthroplasty: Long-Term Outcomes. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(17):1459–1470. doi: 10.2106/JBJS.15.01173

12. Zhuk NP, Matsipura MM. Modern views and place of unicompartmental arthroplasty in the treatment of degenerative-dystrophic diseases of the knee joint. *Vestnik ortopedii, travmatologii i protezirovaniya*. 2019;2:48–55. (In Ukr).

13. Kearon C. Duration of Venous Thromboembolism Prophylaxis after Surgery. *Chest*. 2003;124(6 Suppl):386S–392S. doi: 10.1378/chest.124.6\_suppl.386s

14. Helo MD, Akhtiamov IF, Said FM, et al. Early functional results of total knee arthroplasty in patients with alimentary obesity. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2018;25(3–4):30–35. (In Russ). doi: 10.17116/vto201803-04130

15. Higuera CA, Deirmengian C. The New Technologies in Knee Arthroplasty. *J Clin Rheumatol*. 2012;18(7):345–348. doi: 10.1097/RHU.0b013e3182724079

16. Patrick NJ, Man LLC, Wai-Wang C, et al. No Difference in Long-Term Functional Outcomes or Survivorship after Total Knee Arthroplasty with or without Computer Navigation: A 17-Year Survivorship Analysis. *Knee Surg Relat Res*. 2021;33(1):30. doi: 10.1186/s43019-021-00114-2

17. Kim Y-H, Park JW, Kim JS. Computer-navigated versus conventional total knee arthroplasty: a prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(22):2017–2024. doi: 10.2106/JBJS.L.00142
18. Jones CW, Jerabek SA. Current Role of Computer Navigation in Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018;33(7):1989–1993. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.027
19. de Steiger RN, Liu Y-E, Graves SE. Computer navigation for total knee arthroplasty reduces revision rate for patients less than sixty-five years of age. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(8):635–642. doi: 10.2106/JBJS.M.01496
20. Rothenberg AC, Wilson AE, Hayes JP, et al. Sonication of Arthroplasty Implants Improves Accuracy of Periprosthetic Joint Infection Cultures. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(7):1827–1836. doi: 10.1007/s11999-017-5315-8
21. Goh GS, Parvizi J. Think Twice before Prescribing Antibiotics for That Swollen Knee: The Influence of Antibiotics on the Diagnosis of Periprosthetic Joint Infection. *Antibiotics (Basel).* 2021;10(2):114. doi: 10.3390/antibiotics10020114
22. Liu Y, Zeng Y, Wu Y, et al. A Comprehensive Comparison between Cementless and Cemented Fixation in the Total Knee Arthroplasty: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):176. doi: 10.1186/s13018-021-02299-4
23. Namba RS, Inacio MC, Paxton EW. Risk factors associated with deep surgical site infections after primary total knee arthroplasty: an analysis of 56,216 knees. *J Bone Joint Surg.* 2013;95(9):775–782. doi: 10.2106/JBJS.L.00211
24. Zhou K, Yu H, Li J, et al. No Difference in Implant Survivorship and Clinical Outcomes between Full-Cementless and Full-Cemented Fixation in Primary Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Surg.* 2018;53:312–319. doi: 10.1016/j.ijssu.2018.04.015
25. Vakharia AM, Cohen-Levy WB, Vakharia RM, et al. Perioperative Complications in Patients with Rheumatoid Arthritis Following Primary Total Knee Arthroplasty: An Analysis of 102,898 Patients. *J Knee Surg.* 2019;32(11):1075–1080. doi: 10.1055/s-0039-1692397
26. Tkachenko AN, Alkaz AV. *Vozможности прогноза и профилактики местных инфекционных осложнений при эндопротезировании коленного сустава.* St. Petersburg: Renome; 2017. (In Russ).
27. Yamanaka H, Goto K-I, Suzuki M. Clinical Results of Hi-Tech Knee II Total Knee Arthroplasty in Patients with Rheumatoid Arthritis: 5- to 12-Year Follow-Up. *J Orthop Surg Res.* 2012;7:9. doi: 10.1186/1749-799X-7-9
28. Schwartz C. How to reduce osteopenia in total knee arthroplasty? *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2019;29(1):139–145. doi: 10.1007/s00590-018-2290-z
29. Rand JA, Trousdale RT, Ilstrup DM, Harmsen WS. Factors affecting the durability of primary total knee prostheses. *J Bone Joint Surg.* 2003;85(2):259–265. doi: 10.2106/00004623-200302000-00012
30. Mont MA, Gwam C, Newman JM, et al. Outcomes of a newer-generation cementless total knee arthroplasty design in patients less than 50 years of age. *Ann Transl Med.* 2017;5(Suppl 3):S24. doi: 10.21037/atm.2017.08.20
31. Shevchenko YL, Stoyko YM, Zamyatin MN, et al. Multimodal prevention of venous thromboembolic complications after total hip and knee joint endoprosthesis. *Meditsinskiy sovet = Medical Council.* 2014;2:8–13. (In Russ). doi: 10.21518/2079-701X-2014-2-8-13
32. Vlasova IV, Vlasov SV, Milyukov AYU, Tsurypa VN. Features of thromboembolic complications after knee joint replacement. *Polytrauma.* 2018;2:69–74. (In Russ).
33. Nakopiya VB, Kornilov NN, Bozhkova SA, et al. Hidden blood loss after total knee arthroplasty with complex tromboprophylaxis. *Modern problems of science and education.* 2017;6:97. (In Russ). doi: 10.17513/spno.27272
34. Chugaev DV, Koryachkin VA, Kornilov NN, et al. Nonsurgical blood loss management technique in patients with total knee arthroplasty (Literature review). *Transfusiology.* 2017;18(1):39–50. (In Russ).
35. Zagorodniy NV, Nuzhdin VI, Kagramanov SV, et al. Twenty Years Experience in Large Joints Arthroplasty at specialized department of CITO named after N.N. Priorov. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2011;18(2):52–58. (In Russ). doi: 10.17816/vto201118252-58
36. Mironov SP, Ochurenko AA, Ochurenko NV, Perminov VA. Uniting the traumatological and orthopedical service of the country. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2021;28(1):7–15. (In Russ). doi: 10.17816/vto63445
37. Paxton EW, Inacio MCS, Khatod M, et al. Risk Calculators Predict Failures of Knee and Hip Arthroplasties: Findings from a Large Health Maintenance Organization. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(12):3965–3973. doi: 10.1007/s11999-015-4506-4
38. Kuperman EF, Schweizer M, Joy P, et al. The Effects of Advanced Age on Primary Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis and Systematic Review. *BMC Geriatr.* 2016;16:41. doi: 10.1186/s12877-016-0215-4
39. Maempel JF, Riddoch F, Calleja N, Brenkel IJ. Longer Hospital Stay, More Complications, and Increased Mortality but Substantially Improved Function after Knee Replacement in Older Patients. *Acta Orthop.* 2015;86(4):451–456. doi: 10.3109/17453674.2015.1040304
40. Parvizi J, Nunley RM, Berend KR, et al. High Level of Residual Symptoms in Young Patients after Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472(1):133–137. doi: 10.1007/s11999-013-3229-7
41. Klit J, Jacobsen S, Rosenlund S, et al. Total Knee Arthroplasty in Younger Patients Evaluated by Alternative Outcome Measures. *J Arthroplasty.* 2014;29(5):912–917. doi: 10.1016/j.arth.2013.09.035
42. Canovas F, Dagneaux L. Quality of Life after Total Knee Arthroplasty. Review Article. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(1 S):S41–S46. doi: 10.1016/j.otsr.2017.04.017
43. Hofstede SN, Gademan MGJ, Vliet Vlieland TPM, et al. Preoperative Predictors for Outcomes after Total Hip Replacement in Patients with Osteoarthritis: A Systematic Review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17:212. doi: 10.1186/s12891-016-1070-3
44. Romero JA, Jones R, Brown TS, Shahrestani SN. Morbid Obesity in Total Hip Arthroplasty: What Does it Mean? *Semin Arthroplasty.* 2017;28(4):254–258. doi: 10.1053/j.sart.2018.02.013
45. Dowsey MM, Spelman T, Choong PFM. Development of a Prognostic Nomogram for Predicting the Probability of Nonresponse to Total Knee Arthroplasty 1 Year after Surgery. *J Arthroplasty.* 2016;31(8):1654–1660. doi: 10.1016/j.arth.2016.02.003
46. Van Onsem S, Van Der Straeten C, Arnout N, et al. A New Prediction Model for Patient Satisfaction after Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2016;31(12):2660–2667. doi: 10.1016/j.arth.2016.06.004
47. Ellis HB, Howard KJ, Khaleel MA, Bucholz R. Effect of Psychopathology on Patient-Perceived Outcomes of Total Knee Arthroplasty within an Indigent Population. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(12):e84. doi: 10.2106/JBJS.K.00888
48. Coulter CL, Weber JM, Scarvell JM. Group Physiotherapy Provides Similar Outcomes for Participants after Joint Replacement Surgery

- as 1-to-1 Physiotherapy: A Sequential Cohort Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(10):1727–1733. doi: 10.1016/j.apmr.2009.04.019
49. Santana DC, Anis HK, Mont MA, et al. What is the Likelihood of Subsequent Arthroplasties after Primary TKA or THA? Data from the Osteoarthritis Initiative. *Clin Orthop Relat Res*. 2020;478(1):34–41. doi: 10.1097/CORR.0000000000000925
50. Lychagin AV, Gritsyuk AA, Kavalersky GM, Fan W. Options for complex anesthesia after primary total knee arthroplasty. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2019;37(3):11–15. (In Russ). doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.3.11-15
51. Neuprez A, Delcour J-P, Fatemi F, et al. Patients' Expectations Impact Their Satisfaction Following Total Hip or Knee Arthroplasty. *PLoS One*. 2016;11(12):e0167911. doi: 10.1371/journal.pone.0167911
52. Halawi MJ, Jongbloed W, Baron S, et al. Patient Dissatisfaction after Primary Total Joint Arthroplasty: The Pat. Perspective. *J Arthroplasty*. 2019;34(6):1093–1096. doi: 10.1016/j.arth.2019.01.075
53. Hawker G, Bohm ER, Conner-Spady B, De Coster C. Perspectives of Canadian Stakeholders on Criteria for Appropriateness for Total Joint Arthroplasty in Patients with Hip and Knee Osteoarthritis. *Arthritis Rheumatol*. 2015;67(7):1806–1815. doi: 10.1002/art.39124
54. Kamaruzaman H, Kinghorn P, Oppong R. Cost-Effectiveness of Surgical Interventions for the Management of Osteoarthritis: A Systematic Review of the Literature. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):183. doi: 10.1186/s12891-017-1540-2
55. Lychagin AV, Garkavi AV, Meshcheryakov VA, Kaykov VS. Osteoarthritis of the knee in the elderly: is knee replacement always justified? *Bulletin of RSMU*. 2019;2:70–75. (In Russ). doi: 10.24075/brsmu.2019.020
56. Mailliefert JF, Roy C, Cadet C, et al. Factors Influencing Surgeons' Decisions in the Indication for Total Joint Replacement in Hip Osteoarthritis in Real Life. *Arthritis Rheum*. 2008;59(2):255–262. doi: 10.1002/art.23331
57. Moorhouse A, Giddins G. National Variation between Clinical Commissioning Groups in Referral Criteria for Primary Total Hip Replacement Surgery. *Ann R Coll Surg Engl*. 2018;100(6):443–445. doi: 10.1308/rcsann.2018.0044
58. Clarke MJH, Salar O, Evans JP, et al. Prosthetic Joint Infection of the Knee — Arthroscopic Biopsy Identifies More and Different Organisms than Aspiration Alone. *Knee*. 2021;32:183–191. doi: 10.1016/j.knee.2021.08.016
59. Miller AO, Brause BD. Perioperative Infection in the Patient with Rheumatic Disease. *Curr Rheumatol Rep*. 2013;15(12):379. doi: 10.1007/s11926-013-0379-2
60. Mühlenfeld M, Strahl A, Bechler U, et al. Bone Mineral Density Assessment by DXA in Rheumatic Patients with End-Stage Osteoarthritis Undergoing Total Joint Arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):173. doi: 10.1186/s12891-021-04039-5
61. Riddle DL, Jiranek WA, Hayes CW. Use of a Validated Algorithm to Judge the Appropriateness of Total Knee Arthroplasty in the United States: A Multicenter Longitudinal Cohort Study. *Arthritis Rheumatol*. 2014;6(8):2134–2143. doi: 10.1002/art.38685
62. Ghomrawi HMK, Alexiades M, Pavlov H, et al. Evaluation of Two Appropriateness Criteria for Total Knee Replacement. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2014;66(11):1749–1753. doi: 10.1002/acr.22390
63. Franklin P, Nguyen U, Ayers D, Weissman N. Improving the Criteria for Appropriateness of Total Joint Replacement Surgery: Comment on the Article by Riddle et al. *Arthritis Rheumatol*. 2015;67(2):585. doi: 10.1002/art.38926
64. Harding P, Holland AE, Delany C, Hinman RS. Do Activity Levels Increase after Total Hip and Knee Arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2014;472(5):1502–1511. doi: 10.1007/s11999-013-3427-3
65. Nazarov EA, Seleznev AV. Regional anti-arthrosis health center. *Practical medicine*. 2021;19(3):16–19. (In Russ). doi: 10.32000/2072-1757-2021-3-16-19
66. Fedorov RE, Kornilov NN, Kulyaba TA. Chastichnaya artroplastika kolennogo sustava v RF: nedootsenennyi vid endoprotezirovaniya, nesmotrya na znachimye otdalennye rezul'taty. *Opinion Leader*. 2018;10(2):22–26. (In Russ).
67. Dabare C, Marshall KL, Leung A, et al. Differences in Presentation, Progression and Rates of Arthroplasty between Hip and Knee Osteoarthritis: Observations from an Osteoarthritis Cohort Study — A Clear Role for Conservative Management. *Int J Rheum Dis*. 2017;20(10):1350–1360. doi: 10.1111/1756-185X.13083
68. Selten EM, Vriezolkolk JE, Geenen R, et al. Reasons for Treatment Choices in Knee and Hip Osteoarthritis: A Qualitative Study. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2016;68(9):1260–1267. doi: 10.1002/acr.22841
69. Abbate LM, Jeffreys AS, Coffman CJ, et al. Demographic and Clinical Factors Associated with Nonsurgical Osteoarthritis Treatment Among Patients in Outpatient Clinics. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2018;70(8):1141–1149. doi: 10.1002/acr.23466
70. Humphrey JA, George MD, Bankes MJK. Experience and Outcome Data of the British Non-Arthroplasty Hip Registry. *Hip Int*. 2018;28(4):429–433. doi: 10.5301/hipint.5000594
71. Yasunaga Y, Mitsuo O, Takuma Y, et al. Rotational Acetabular Osteotomy for Pre- and Early Osteoarthritis Secondary to Dysplasia Provides Durable Results at 20 Years. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(10):2145–2153. doi: 10.1007/s11999-016-4854-8
72. Voss B, El-Othmani MM, Schnur A-K, et al. A Meta-Analysis Comparing All-Polyethylene Tibial Component to Metal-Backed Tibial Component in Total Knee Arthroplasty: Assessing Survivorship and Functional Outcomes. *J Arthroplasty*. 2016;31(11):2628–2636. doi: 10.1016/j.arth.2015.08.035
73. Gwam CU, George NE, Etcheson JI, et al. Cementless versus Cemented Fixation in Total Knee Arthroplasty: Usage, Costs, and Complications During the Inpatient Period. *J Knee Surg*. 2018;32(11):1081–1087. doi: 10.1055/s-0038-1675413
74. AbuMoussa S, Cody White C 4th, Eichinger JK, Friedman RJ. All-Polyethylene versus Metal-Backed Tibial Components in Total Knee Arthroplasty. *J Knee Surg*. 2019;32(8):714–718. doi: 10.1055/s-0039-1683979
75. Loughhead JM, Malhan K, Mitchell SY, et al. Outcome Following Knee Arthroplasty Beyond 15 Years. *Knee*. 2008;15(2):85–90. doi: 10.1016/j.knee.2007.11.003
76. Messier SP, Callahan LF, Golightly YM, Keefe FJ. OARS Clinical Trials Recommendations: Design and Conduct of Clin. Trials of Lifestyle Diet and Exercise Interventions for Osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2015;23(5):787–797. doi: 10.1016/j.joca.2015.03.008
77. van der Wees PJ, Wammes JJG, Akkermans RP, et al. Patient-Reported Health Outcomes after Total Hip and Knee Surgery in a Dutch University Hospital Setting: Results of Twenty Years Clin. Registry. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):97. doi: 10.1186/s12891-017-1455-y
78. Gaffney BM, Harris MD, Davidson BS, et al. Multi-Joint Compensatory Effects of Unilateral Total Knee Arthroplasty During High-Demand Tasks. *Ann Biomed Eng*. 2016;44(8):2529–2541. doi: 10.1007/s10439-015-1524-z

## ОБ АВТОРАХ

\* **Ткаченко Александр Николаевич**, д.м.н., профессор,  
врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>;  
eLibrary SPIN: 2658-0405; e-mail: [altkachenko@mail.ru](mailto:altkachenko@mail.ru)

**Дулаев Александр Кайсинович**, д.м.н., профессор,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4079-5541>;  
eLibrary SPIN: 4663-1741; e-mail: [akdulaev@gmail.com](mailto:akdulaev@gmail.com)

**Спичко Александр Анатольевич**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9355-1068>;  
eLibrary SPIN: 3476-8212; e-mail: [dr.nl@mail.ru](mailto:dr.nl@mail.ru)

**Мансуров Джалолидин Шамсидинович**, к.м.н.,  
ассистент кафедры, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>;  
eLibrary SPIN: 1330-6583; e-mail: [jalolmedic511@gmail.com](mailto:jalolmedic511@gmail.com)

**Хайдаров Валерий Михайлович**, к.м.н.,  
доцент кафедры, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0754-4348>;  
eLibrary SPIN: 7083-3254; e-mail: [drxaydarov@mail.ru](mailto:drxaydarov@mail.ru)

**Балглей Александр Германович**,  
ассистент кафедры, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0964-6871>;  
eLibrary SPIN: 1202-7753; e-mail: [alexbalgley@yandex.ru](mailto:alexbalgley@yandex.ru)

**Уразовская Ирина Леонидовна**, к.м.н.,  
ассистент кафедры, врач-кардиолог;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4165-4599>;  
eLibrary SPIN: 9263-4316; e-mail: [doc.urazovskaya@gmail.com](mailto:doc.urazovskaya@gmail.com)

**Хромов Александр Анатольевич**, д.м.н.,  
доцент кафедры, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8489-4202>;  
eLibrary SPIN: 7062-0665; e-mail: [khromov\\_alex@mail.ru](mailto:khromov_alex@mail.ru)

**Ульхак Эхан**, к.м.н., ассистент кафедры,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9647-052X>;  
e-mail: [ehsan@mail.ru](mailto:ehsan@mail.ru)

**Цололо Ярослав Борисович**, аспирант,  
врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7744-0002>;  
eLibrary SPIN: 5363-6020; e-mail: [yaroslav.tsololo@gmail.com](mailto:yaroslav.tsololo@gmail.com)

## AUTHORS INFO

\* **Aleksandr N. Tkachenko**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
traumatologist-orthopedist;  
address: 41 Kirochnaya Str., 191015, Saint Petersburg, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>;  
eLibrary SPIN: 2658-0405; e-mail: [altkachenko@mail.ru](mailto:altkachenko@mail.ru)

**Aleksandr K. Dulaev**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4079-5541>;  
eLibrary SPIN: 4663-1741; e-mail: [akdulaev@gmail.com](mailto:akdulaev@gmail.com)

**Aleksandr A. Spichko**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9355-1068>;  
eLibrary SPIN: 3476-8212; e-mail: [dr.nl@mail.ru](mailto:dr.nl@mail.ru)

**Djalolidin Sh. Mansurov**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
department assistant, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>;  
eLibrary SPIN: 1330-6583; e-mail: [jalolmedic511@gmail.com](mailto:jalolmedic511@gmail.com)

**Valerii M. Khaidarov**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
associate professor, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0754-4348>;  
eLibrary SPIN: 7083-3254; e-mail: [drxaydarov@mail.ru](mailto:drxaydarov@mail.ru)

**Alexander G. Balgley**, department assistant,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0964-6871>;  
eLibrary SPIN: 1202-7753; e-mail: [alexbalgley@yandex.ru](mailto:alexbalgley@yandex.ru)

**Irina L. Urazovskaya**, MD, Cand. Sci. (Med.),  
department assistant, cardiologist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4165-4599>;  
eLibrary SPIN: 9263-4316; e-mail: [doc.urazovskaya@gmail.com](mailto:doc.urazovskaya@gmail.com)

**Aleksandr A. Khromov**, MD, Dr. Sci. (Med.),  
associate professor, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8489-4202>;  
eLibrary SPIN: 7062-0665; e-mail: [khromov\\_alex@mail.ru](mailto:khromov_alex@mail.ru)

**Ehsan Ulhaq**, MD, Cand. Sci. (Med.), department assistant,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9647-052X>;  
e-mail: [ehsan@mail.ru](mailto:ehsan@mail.ru)

**Yaroslav B. Tsololo**, graduate student,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7744-0002>;  
eLibrary SPIN: 5363-6020; e-mail: [yaroslav.tsololo@gmail.com](mailto:yaroslav.tsololo@gmail.com)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto139221>

## Поздравляем академика РАН А.Г. Баиндурашвили с 75-летием!

### АННОТАЦИЯ

Краткая биографическая справка и научные достижения Алексея Георгиевича Баиндурашвили, поздравление с 75-летним юбилеем.

**Ключевые слова:** Алексей Георгиевич Баиндурашвили; юбилей; травматология и ортопедия.

### Как цитировать:

Поздравляем академика РАН А.Г. Баиндурашвили с 75-летием! // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 329–331. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto139221>

Рукопись получена: 27.01.2023

Рукопись одобрена: 27.01.2023

Опубликована: 27.01.2023

Doi: <https://doi.org/10.17816/vto139221>

## Congratulations to Academician of the Russian Academy of Sciences Aleksey G. Baidurashvili on his 75<sup>th</sup> anniversary!

### ABSTRACT

Brief biography and scientific achievements of Aleksey G. Baidurashvili, congratulations on the 75<sup>th</sup> anniversary.

**Keywords:** Aleksey G. Baidurashvili; anniversary; traumatology and orthopedics.

### To cite this article:

Congratulations to Academician of the Russian Academy of Sciences Aleksey G. Baidurashvili on his 75<sup>th</sup> anniversary! *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):329–331. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto139221>

Received: 27.01.2023

Accepted: 27.01.2023

Published: 27.01.2023



26 августа 2022 года исполнилось 75 лет академику РАН, доктору медицинских наук, профессору, президенту НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, заслуженному врачу России, заведующему кафедрой детской травматологии и ортопедии Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования, главному детскому травматологу-ортопеду Комитета по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга Алексею Георгиевичу Баиндурашвили.

Алексей Георгиевич родился 26 августа 1947 года в г. Гори (Грузия). В 1971 году окончил 1-й Ленинградский медицинский институт им. акад. И.П. Павлова. В том же году был принят на работу в Ленинградский научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера врачом травматологом-ортопедом ожогового отделения, затем стал заведующим отделением, учёным секретарем, старшим научным сотрудником.

В 1986 году перешёл на преподавательскую работу на кафедру детской травматологии и ортопедии Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования (сейчас — Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова): ассистент, доцент, профессор, с 2001 года и по настоящее время он является заведующим этой кафедры. В 2005 году Алексей Георгиевич был назначен директором Научно-исследовательского детского ортопедического института им. Г.И. Турнера. В 2020 году стал президентом НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера.

В 1981 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Профилактика детского бытового травматизма в Ленинграде».

Круг научных интересов и практической деятельности А.Г. Баиндурашвили чрезвычайно широк: множественная и сочетанная травма у детей, врождённые

и приобретённые ортопедические заболевания, ожоговая болезнь. Исследования по хирургическим вмешательствам у детей младшего возраста послужили основой для его докторской диссертации «Ранняя хирургическая реабилитация заболеваний опорно-двигательного аппарата», которую он блестяще защитил в 1994 году.

Алексей Георгиевич внёс неоценимый вклад в решение проблем, связанных с лечением глубоких ожогов и их последствий. Он разработал систему профилактики и лечения тяжёлых ожогов у детей, научно обосновал комплекс мероприятий консервативного и хирургического лечения детей с обширными и глубокими ожогами, а также одним из первых применил клеточные культуры — эквивалент дермы для стимуляции регенерационных процессов на ожоговой поверхности. Его система раннего хирургического вмешательства при обширных глубоких ожогах признана как в России, так и за рубежом.

За годы пребывания А.Г. Баиндурашвили в должности директора института им было сделано многое для развития научных исследований и внедрения высоких технологий в клиническую практику. Под его руководством впервые стали применять клеточные культуры у детей с врождёнными пороками развития опорно-двигательного аппарата уже в периоде новорождённости и в первые месяцы жизни. Был создан единственный в России «Федеральный детский центр повреждений позвоночника и спинного мозга», впервые в России открыт «Детский центр артрогрипоза». Для оказания мультидисциплинарной помощи детям с последствиями спинномозговой грыжи А.Г. Баиндурашвили основал научно-практический центр «Spina bifida».

Алексеем Георгиевичем опубликовано 435 научных работ, из них 7 монографий, главы в 4 руководствах по травматологии и ортопедии. В 2016 году Алексей Георгиевич

был избран действительным членом Российской академии наук. А.Г. Баиндурашвили — основатель и главный редактор журнала «Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста», а также член редакционных советов научных журналов «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», «Травматология и ортопедия России», «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии», «Хирургия позвоночника», «Journal of Children's Orthopaedics». Алексей Георгиевич является членом международной организации ортопедов-травматологов SICOT и Европейской организации детских ортопедов IFPOS, а также членом Международного общества защиты детей.

Алексей Георгиевич подготовил множество докторов и кандидатов наук, бережное отношение к традициям института, воспитание, доверие и поддержка молодых специалистов служат залогом успешного развития ведущего учреждения по профилю детской травматологии и ортопедии.

Значимый вклад в систему здравоохранения Российской Федерации по достоинству отмечен многими правительственными наградами: Алексей Георгиевич награждён орденом Почёта, удостоен Почётной грамоты

Президента РФ, звания «Заслуженный врач Российской Федерации», является лауреатом премии фонда Андрея Первозванного «Вера и верность», трижды лауреатом национальной премии лучшим врачам России «Призвание» и обладает многими другими заслуженными наградами.

Алексей Георгиевич является вице-президентом Общероссийской общественной организации «Ассоциация травматологов-ортопедов России», в 2021 году ему было присвоено звание «Почётный профессор ЦИТО им. Н.Н. Приорова».

Поздравляем Алексея Георгиевича с 75-летием! Желаем доброго здоровья, новых научных и организационных достижений, талантливых учеников и последователей, благополучия семье, родным и близким.

*Общероссийская общественная организация  
«Ассоциация травматологов-ортопедов России»,  
коллектив НИИЦ травматологии и ортопедии  
им. Н.Н. Приорова*

*Редколлегия журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» присоединяется к поздравлениям и желает юбиляру долгих лет жизни и служения науке!*

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto139222>

## Памяти Николая Андреевича Шестерни

### АННОТАЦИЯ

1 июля 2022 года на 83-м году ушёл из жизни замечательный человек, известный учёный, педагог, профессор кафедры травматологии и ортопедии НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Николай Андреевич Шестерня. Жизнь Николая Андреевича — яркий пример беззаветного служения избранному делу! Его книги стали постоянными спутниками многих коллег травматологов-ортопедов. Николая Андреевича отличали человечность, интеллигентность и высочайший профессионализм. Коллектив НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова скорбит об утрате, светлая память о талантливом враче, учёном, учителе, жизнелюбивом и обаятельном человеке навсегда останется в сердцах друзей, коллег и учеников.

**Ключевые слова:** Николай Андреевич Шестерня; травматология и ортопедия; некролог.

### Как цитировать:

Памяти Николая Андреевича Шестерни // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 333–334.

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto139222>

Рукопись получена: 27.01.2023

Рукопись одобрена: 27.01.2023

Опубликована: 27.01.2023

Doi: <https://doi.org/10.17816/vto139222>

## In memory of Nikolai A. Shesternya

### ABSTRACT

On July 1, 2022, at the age of 83, a remarkable person, a famous scientist, teacher, professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics Nikolai A. Shesternya has passed away. The life of Nikolai Andreevich is a vivid example of selfless service to the chosen cause! His books have become constant companions of many traumatologists. Nikolai Andreevich was distinguished by humanity, intelligence and the highest professionalism. The team of Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics mourns the loss, the bright memory of a talented doctor, scientist, teacher, cheerful and charming person will forever remain in hearts of friends, colleagues and students.

**Keywords:** Nikolai A. Shesternya; traumatology and orthopedics; obituary.

### To cite this article:

In memory of Nikolai A. Shesternya. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):333–334. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto139222>

Received: 27.01.2023

Accepted: 27.01.2023

Published: 27.01.2023



1 июля 2022 года на 83-м году ушёл из жизни замечательный человек, известный учёный, педагог, профессор кафедры травматологии и ортопедии НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова Николай Андреевич Шестерня.

Профессор Н.А. Шестерня — автор свыше 350 печатных научных и практических работ, ряда монографий и изобретений.

Жизнь Николая Андреевича — яркий пример самоотверженного служения избранному делу! После окончания в 1961 году Андижанского государственного медицинского института он прошёл первичную специализацию по травматологии и ортопедии в г. Алма-Ате. С 1964 по 1970 год — ординатор, аспирант, научный сотрудник ЦИТО (сейчас — НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова). С 1970 по 1980 год работал в Министерстве здравоохранения СССР. С 1980 года вновь вернулся в ЦИТО, где продолжил активную научную работу, защитил докторскую диссертацию, затем продолжил

педагогическую деятельность. С 1991 по 2019 год был профессором кафедры травматологии и ортопедии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), а с 2019 года стал профессором кафедры травматологии и ортопедии НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова.

До последнего дня Н.А. Шестерня беззаветно и преданно делился своими знаниями и опытом с врачами, ординаторами и аспирантами. Его книги стали постоянными спутниками многих коллег травматологов-ортопедов.

Николая Андреевича отличали человечность, интеллигентность и высочайший профессионализм.

*Коллектив НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова скорбит об утрате, светлая память о талантливом враче, учёном, организаторе, жизнелюбивом и обаятельном человеке навсегда останется в сердцах друзей, коллег и учеников.*