

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

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

РЕКЛАМА

Отдел рекламы

Тел.: +7 (495) 308 83 89

E-mail: adv@eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией

Трухина Диана Аршалуйсовна

E-mail: 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/

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 3-1540-lv

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

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

ADVERTISE

Adv. department

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

EDITORIAL OFFICE

Executive editor
Diana A. Trukhina
Email: 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

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. Zabirova*
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 75th 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>

Received: 27.10.2022

Accepted: 30.12.2022

Published: 27.01.2023

BACKGROUND

An anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction of the knee joint is becoming an increasingly common orthopedic surgery. In Russia, >5,000 ACL reconstruction surgeries are performed annually. Successful surgical interventions account for 75%–90% of cases in the most famous medical centers in the country. Despite the use of contemporary technologies and techniques for ACL reconstruction, the rate of poor treatment results remains high. According to the literature, the proportion of poor results ranges from 10.5% to 45%.

Surgical treatment of recurrent instability after primary ACL reconstruction remains an unresolved problem. In contrast to primary reconstruction, revision of knee ACL reconstruction is often the surgery of choice with very limited goals. This limitation is not accidental. Similar to primary reconstruction, revision surgery aims to select the appropriate graft material and implant it in the isometric region of the tibia and femur. In most cases, surgeons resort to a two-stage revision of ACL reconstruction; when stage 1 is plastic surgery of previously formed intraosseous channels, and after the channels are closed, on average after 1 year, stage 2 is ACL reconstruction [1, 2].

Early recurrence of anterior knee joint instability is primarily associated with improper surgical technique, functional graft failure, preterm return to sports, and inappropriate rehabilitation [3]. A recurrence in the late postoperative period, occurring more than a year after ACL reconstruction, is usually associated with a new onset of trauma or recurrent graft macrotraumatization [4, 5]. The literature reveals that 60% of reconstruction revision cases are associated with a “technical error,” in which inappropriate topical location of the femoral channel is the most common [6]. Several anatomical landmarks have been described, which determine the ACL attachment to the tibia, including the anterior tibial spine, posterior border of the anterior horn of the lateral meniscus, and posterior cruciate ligament (PCL). The femoral attachment of the ACL is located on the posteromedial surface of the lateral condyle of the femur within the intercondylar fossa. Primarily, the ACL limits the tibial displacement anteriorly relative to the femur. However, its secondary role includes resistance to the rotation of the tibia and varus and valgus loads on the knee joint.

Instability recurrence can also occur without obvious graft rupture, which is associated with its incorrect topical location. The vertical location of the femoral channel can lead to persistent rotational instability of the knee joint, which limits the athlete’s ability to return to the previous load level [2]. A very anterior positioning of the femoral channel and a very posterior positioning of the tibial channel result in flexion loss, while anterior positioning of the tibial channel leads to graft impingement and extension loss [7].

This study aimed to evaluate the results of a one-stage revision of ACL reconstruction and demonstrate that this surgery can be performed in one instead of two stages, which helps reduce the patient’s recovery time and return to habitual physical activity.

MATERIALS AND METHODS

Study design

A retrospective cohort study was conducted. The results were evaluated at three visits: before the surgery and 9 and 12 months after the surgery.

Study conditions

For the period from 2020 to April 2021, 92 patients were recorded to experience recurrence of knee joint instability after ACL reconstruction in the department of sports and ballet trauma of the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (Moscow). In 88 (95.7%) patients, primary surgeries were performed in other medical institutions in the country, and 4 (4.3%) patients underwent surgery in our clinic.

The following causes were established as causes of instability recurrence:

- Inappropriate topical location of intraosseous channels in the femur and tibia ($n=67$, 73%)
- Repeated traumas of the knee joint ($n=18$, 19%)
- Errors in patient management during the rehabilitation period ($n=7.8\%$).

Eligibility criteria

The inclusion criteria were as follows:

- Recurrence of instability due to damage or failure of the ACL autograft
- Availability of radiation diagnostic data (magnetic resonance imaging (MRI), and computed tomography (CT))
- Signed voluntary informed consent to participate in the study

The exclusion criteria were as follows:

- Failure to visit for any of the control examinations (9 or 12 months after the surgery or both visits)
- Lack of data from radiological studies (MRI) and failure of diagnostic tests.

Description of medical intervention

Stage 1 of the surgery included an arthroscopic revision of the joint cavity to confirm graft failure or rupture and identify damage to other structures of the knee joint and assess the condition of the articular cartilage. After examining the joint cavity, the previous auto- or allograft was removed; the condition of the intraosseous channels and intercondylar fossa was assessed; and if necessary, plastic surgery was performed. The location of the channels relative to the anatomical site of the native ACL attachment can be divided into the following three categories:

- Non-anatomical, where the channels are completely outside the anatomical site of attachment of the native ACL
- Anatomical, where the channels are completely inside the anatomical site of attachment
- Semi-anatomical, where the channels cover partially the anatomical site of ACL attachment [8].

Most often, we found a non-anatomical location of the channels, which did not cause difficulties in the formation of a new intraosseous channel.

In this study, 1 (1.1%) patient had a chronic infection of the knee joint (gonitis), which led to autograft lysis, cartilage destruction, and fibrin deposition. The autograft remnants and fixing structures were removed, and the joint cavity with drains through the intraosseous channels of the femur and tibia was drained. Then, a constant inflow–outflow system was used for washing the joint cavity for 7 days. This patient did not undergo repeated ACL plastic surgeries because he did not notice the knee joint instability in the late postoperative period, which was most probably due to the scar formation in the knee joint cavity.

During the knee joint cavity revision, the meniscus and cartilage were also assessed. In all cases, we identified either degenerative changes in the menisci or their damage, usually in the white zone, requiring partial meniscectomy. During preoperative planning, articular cartilage changes were usually more pronounced than expected according to radiographs and MRI results. Articular cartilage changes were determined by depth, size, and position using the Waterbridge classification. The cartilage was treated with a high-frequency ablator and shaver (debridement). Detection of a cartilage defect up to the subchondral bone was not a contraindication for revision surgery. Such lesions were treated by tunneling or microfracturing.

The intercondylar fossa was usually filled with scar tissue, which also included remnants of an ACL autograft or allograft. Autograft removal was quite easy and efficient, whereas allograft (dacron) removal was more time-consuming because of the rough structure of the material.

If a screw in the femur must be removed, the bone and soft tissue around the screw were cleaned completely before its removal. Screws from the tibial and femoral channels were not removed in 14 (15.2%) patients (10 femoral, 4 tibial)

because they did not interfere with the surgery. In 5 (5.4%) cases, the primary tibial channel was used because its location corresponded to the correct one. The fixing structures were removed, and the sclerotic walls of the channel were drilled with a drill corresponding to the channel diameter, till the clean bone.

Stage 2 of surgical treatment included tendon harvesting for grafting and ACL plastic surgery. In most cases, tendon harvesting was performed from the contralateral limb; however, in 10 (10.9%) patients, it was performed from the affected limb because allografts or the patellar ligament with bone blocks were used for primary plastic surgery.

The actual revision surgery was similar to the primary ACL plastic surgery, and achieving the correct anatomical location of the channels was the focus. Since the landmarks were less clear than that in primary plastic surgery, the PCL attachment site was a landmark for the tibial channel location, and the new channel was tried to be placed in the middle and slightly medial to the intercondylar eminence. When the primary intraosseous channel was located outwardly in the tibia, we formed inwardly a new channel of a larger diameter and centered the graft in the channel using a BioIntrafix sleeve (DePuy Mitek, USA) (Fig. 1).

When the primary channel was displaced inwards, the graft was removed, a screw was inserted there, and a new channel with a diameter of 6–7 mm was formed. The screw was inserted to not break the wall of the new channel (Fig. 2).

If the primary channel was located anteriorly or posteriorly (Fig. 3), a standard channel in the tibial bone was performed. When making a channel of a larger diameter, the graft was centered in the channel using Milagro screws (DePuy Mitek, USA).

During the revision of ACL reconstruction, in 1 (1.1%) case, the location of the tibial channel was near the anterior horn of the internal meniscus (Figs. 4, 5).

When forming the femoral channel, we focused on the posterior wall of the intercondylar fossa. In most cases, no problems were encountered during site selection for the formation of a new femoral channel. When the primary femoral channel was located anteriorly, a new channel was formed 2–3 mm posteriorly and no more than 7 mm in diameter (Fig. 6).

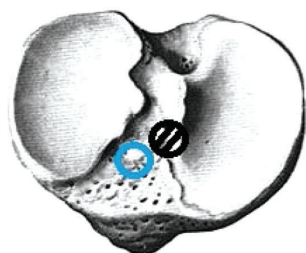


Fig. 1. The location of the primary tibial canal outward, ○ — correct channel placement.

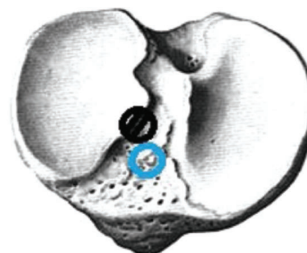


Fig. 2. The location of the tibial canal inside, ○ — correct channel placement.

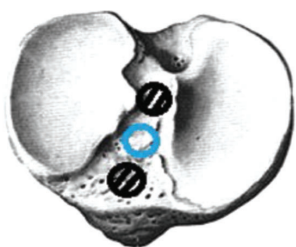


Fig. 3. Variants of the location of the tibial canals, ○ — correct channel placement.

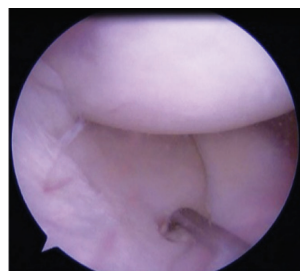


Fig. 4. Location of the tibial canal near the anterior horn of the meniscus.

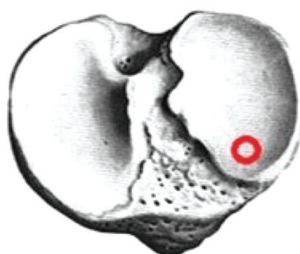


Fig. 5. Channel layout.

If the femoral channel was located posteriorly, the new channel was displaced anteriorly, and a 6–7 mm-thick graft was used (Fig. 7).

In some cases, the femoral channel was located high, so we make a standard intraosseous channel corresponding to the diameter of the resulting autograft (Figs. 8–10). At a low location, a new femoral channel was formed more proximal, and the channel was also centered on the tibia medially by 2 mm (Fig. 11).

In addition to the inappropriate topical location of the channels in the femoral condyle in 6 (6.5%) patients, another problem occurred, i.e., the channel had a large (>12 mm) diameter. In such cases, fixators (Milagro) were additionally used to center the autograft in the channel from 2–3 sides



Fig. 6. Anterior location of the femoral canal, ○ — correct channel placement.

(Fig. 12). Control examination of the patients was performed 3, 6, and 12 months after the surgery.

Research outcomes

The main outcome of the study was the restoration of limb functionality (questionnaire and clinical test). *Additional outcomes* were the preservation of the ACL autograft on MRI.

Methods of outcome registration

The preoperative examination included X-ray images of the knee joint in two views, namely, anteroposterior and lateral in full lower leg extension in the knee joint. Before the surgery, CT of the knee joint was obligatory. CT images were used to determine the topical location of the femoral



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



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

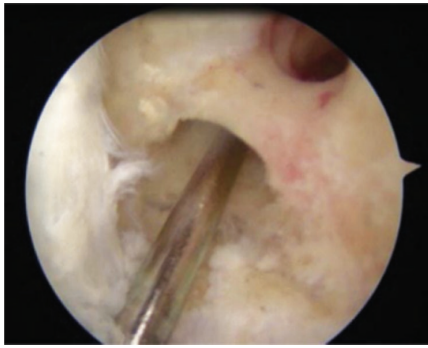


Fig. 9. New intraosseous canal in the femur, malformed canal above.

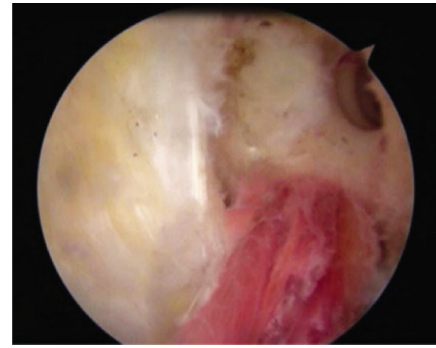


Fig. 10. Final view after autograft.



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

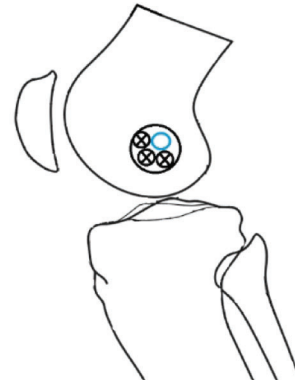


Fig. 12. Canal diameter more than 12 mm, graft centering using 2–3 screws.

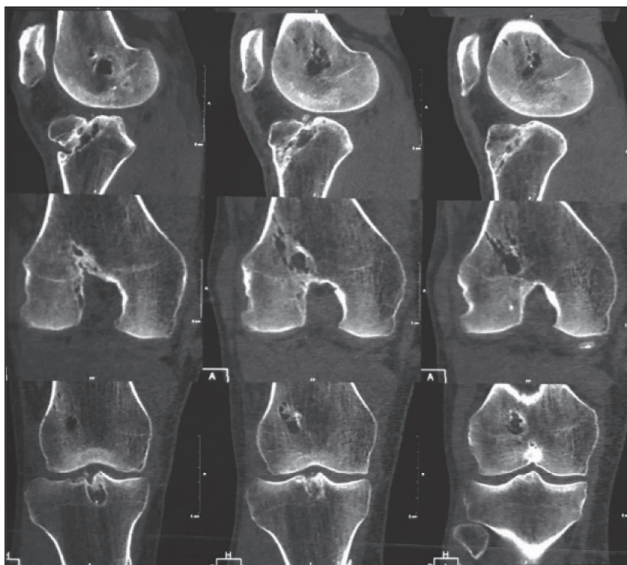


Fig. 13. Preoperative CT-scans.

and tibial channels, their enlargement, narrowing of the joint cavity, and location and type of the fixing structure (Fig. 13).

Patients' medical records were evaluated to determine the size of the intraosseous channels and type of the fixation structures. The correction was made by comparing the diameter measured with CT and the true diameter of the intraosseous channel. In all cases, CT revealed an increase in the diameter of the intraosseous channels and a violation of their topical location.

An MRI of the knee joint was also performed, which provided additional information regarding damage to the ACL autograft and other intra-articular structures of the knee joint (meniscus, PCL, lateral ligaments, and intra-articular cartilage), especially in the case of repeated injuries. In all cases, a thorough clinical examination was performed, including the Lachman and pivot shift tests. Further examinations were also performed under anesthesia immediately before surgery for a timely diagnosis of complex instability of the knee joint. To assess the treatment results, the IKDC 2000 and Lysholm scales and instrumental methods using a KT-1000 arthrometer (MEDmetric Corp., USA) were employed.

Ethical considerations

The study was performed in accordance with the requirements of the Declaration of Helsinki (1973). It was approved by the Local Ethics Committee of the N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (Minutes No. 5/21 dated May 21, 2021).

Statistical analysis

The sample size was determined by the department capacity for the indicated years of the study. The sample size was not preliminarily calculated. SPSS Statistics v. 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for statistical data processing. Numerical data, indicating the research results, are presented as $M \pm m$, where M is the mean value and m is

the standard deviation. For ordinal variables, the frequencies of values and proportions (%) relative to the number of valid cases and a comparison of quantitative and qualitative signs in the studied groups are provided. Nonparametric statistical methods were used for the analysis. The nonparametric Mann–Whitney *U*-test was used to assess differences between the compared mean values of the studied parameters in the groups. The threshold level of statistical significance (*p*) was set at *p* < 0.05.

RESULTS

Study participants

To follow up long-term treatment results, 50 patients with revision of ACL reconstruction were selected, and they were examined 3, 6, 9, and 12 months after surgery. All patients were of working age, ranging from 18 to 42 (mean age, 29.2) years. The study group included only male patients. The tendons of the gracilis and semitendinosus muscles from the affected or contralateral extremity were used as the graft material in all patients. The graft was fixed on the femur and tibia using the Ridfix system and BIO-INTRAFIX Tibial system, respectively. In some cases, Milagro screws were also used to ensure reliable fixation of the autograft during revision surgery.

Main study results

Treatment outcomes were evaluated 3–12 months after surgery in 50 (54%) of 92 patients. The results were assessed on the Lysholm scale, where a good result was a score of >77 points; satisfactory, 67–77 points; and poor, ≤66 points according to the IKDS 2000 protocol (determining movement amplitude and performing tests to determine instability). Good treatment results were registered in 39 (78%) patients (mean 78 points), satisfactory results were noted in 10 (20%) patients (69 points), and poor results were registered in 1 (2%) patient (65 points). The mean IKDS score before surgery was 23.42, and when evaluating long-term treatment results, it was 87.21.

In the examination using the KT-1000 arthrometer before surgery, the average displacement of the lower leg was approximately 11 mm, and it was 2.5 mm 12 months after the surgery.

The intensity of the pain syndrome was assessed using a 10-point visual analog scale (VAS), and severe pain sensations (>5) were recorded in 72% of patients before surgery. The mean VAS score before surgery was 7.5. In the long-term follow-up period, 2 (4%) patients with severe deforming arthrosis had pain syndrome with a score of >4.0. The mean VAS score after surgery was 2.0 points. After the surgery, all patients showed an improvement in subjective and objective conditions.

Most of the respondents (85%) were satisfied with the treatment results. Patients return to the previous level of professional activity after 6–10 months.

The one-stage revision of ACL reconstruction has remarkably reduced the treatment time for patients. Only 1 (2%) patient could not return to the previous level of professional activity because of the progression of the knee joint osteoarthritis, and this patient underwent knee arthroplasty 2 years later.

DISCUSSION

Summary of the main research outcome

The two-stage treatment for revision of ACL repair is technically more complex than one-stage repair, and the treatment results are potentially worse, especially for active patients who impose high demands on their physical activity level. With careful preoperative preparation, the probability of a one-stage ACL revision increases substantially, which can considerably reduce the treatment time and material costs.

Discussion of the main research results

ACL reconstruction enables the correction of anterior knee joint instability caused by ACL rupture and has become very popular over the past two decades. Graft failure can occur because of technical, biological, and mechanical factors. Errors in the surgical technique, such as the non-anatomical location of the intraosseous channels, are the most common cause of unsuccessful ACL reconstruction, which was confirmed in 73% of our patients.

Careful preoperative planning of ACL reconstruction revision is a very important component of a successful intervention. When planning ACL reconstruction revision, it is necessary to study thoroughly the patient's medical history, conduct a complete physical and instrumental examination, decide on the choice of graft material, select preliminarily the surgical technique, and develop a rehabilitation plan. The professional activity of the patient must be considered as well. The patient's expectations are often not consistent with reality; therefore, despite the achievement of knee joint stability, revision surgery does not satisfy the patient's desire. Instability and/or pain are the main patient complaints. Thus, before the intervention, the doctor should explain to the patient that reduced activity and good muscle tone in the thighs and lower legs can decrease the severity or even eliminate instability symptoms even without surgery. ACL revision should be offered to patients who cannot cope with instability or who want to increase their physical activity level. Patients should be warned about the risk of gradual progression of osteoarthritis, regardless of the treatment method, and explained that pain most probably results from the degenerative processes in the cartilage and that repeated ACL repair will not solve the problem. This information should be an important part of the patient consultation before ACL revision. In our study, one of the patients had not recovered the previous level of physical activity because of persistent knee joint pain.

The most common error in the surgery technique is the location of the femoral or tibial channel anteriorly. In

patients who undergo surgical treatment repeatedly, this problem became the most common cause of unsuccessful primary ACL reconstruction (28% tibial and 72% femoral). A posterior and proximal location of the femoral channel is preferable and results in minimal stretching of the ACL autograft. A more anterior and distal location of the femoral channel along the arch of the fossa causes graft stretching during flexion and induces recurrence. The correct position of the tibial channel is also very important for a good result. The tibial channel location in the anterior intercondylar field causes its impingement during lower leg extension in the knee joint (impingement syndrome), which leads to gradual loosening and graft failure.

For ACL reconstruction revision, the graft material and fixation type are also very important. The doctor must be familiar with the most common surgical techniques. The issue of what is better to use for revision plastic surgery, auto- or allograft, has been discussed for a long time [9]. Although the use of an allograft alleviated pain at the harvesting site, other problems include engraftment to the bone and body response to foreign material, which is manifested by synovitis of the knee joint. The degree of elastic resistance and coefficient of elasticity in allografts are much higher, which subsequently leads to a more rapid progression of deforming arthrosis than the use of autografts. An allograft should be used only if it is impossible to collect autologous material or if the patient refuses it. Noyes et al. published the results of ACL reconstruction revision using a cadaveric fresh-frozen allograft, where unsuccessful surgeries accounted for 33% of cases over 42 months of follow-up. These patients used fresh-frozen allografts sterilized with γ -irradiation at a dose of 25,000 Gy [10, 11]. Although the authors believe that the change in the mechanical properties of the graft under the influence of γ -radiation and deep freezing was within acceptable limits, this assumption was not proven and could explain the relatively high rate of instability recurrence. Noyes et al. suggested that an allograft should not be used in revision surgery. In the absence of automaterials available for harvesting, the authors recommend using allograft augmentation using a portion of the iliotibial tract to reduce the rate of instability recurrence [11].

Fox et al. recently published the results of ACL reconstruction revision using a non-irradiated patellar tendon allograft [12]. They assessed treatment outcomes in 32 (84%) of 38 patients. The mean age of the patients was 28 years, and the mean follow-up period was 4.8 years. Postoperative CT-1000 arthrometry showed that in 10% of the patients, anterior displacement of the lower leg was >5 mm, which indicates an unsuccessful surgery, although the instability recurrence rate was substantially lower than with an irradiated allograft.

After ACL reconstruction, due to lysis, the intraosseous channels enlarged. Although the outcome of this phenomenon is not yet fully understood, dilation of the intraosseous

channels can be of great importance in revision surgery, as it complicates the choice of the location of the new channel and graft fixation. Many assumptions have been put forward regarding the causes of this complication. In our opinion, as the most appropriate point of view, the cause of lysis has a multifactorial origin. Mechanical and biological causes were believed to contribute to tunnel dilation. In the analyzed group, the channels (femoral and tibial) dilated in all patients who underwent ACL reconstruction revision. In 7 (14%) patients, where the channels were ≥ 12 mm (5 femoral and 2 tibial channels), and to overcome this situation, in addition to the standard graft fixation, we used 2 or 3 Milagro screws for additional fixation and filled the cavity of enlarged intraosseous channels. In 14 (28%) patients, we did not remove the fixation structures to avoid weakening bone structure during the formation of a topically correctly located new channel, and they did not interfere with the surgical course.

At the very start of the postoperative period, fixation is the weakest part of any ACL reconstruction (primary or revision). In all cases, we used the same fixation as in the primary ACL reconstruction.

The rehabilitation program in patients with reconstruction revision was the same as in primary reconstruction because we did not reveal any remarkable differences in the objective and subjective assessments of instability in patients with primary and revision of ACL reconstruction.

Our results were remarkably better than those reported in the literature regarding the measurement of instability and recurrence rate. In 1 (2%) patient, graft malfunction was noted after 12 months, and the patient complained of instability. During arthroscopic revision in this patient, we discovered complete lysis of the autograft. As a result, poor results accounted for 2.5% in our study. In another patient, the anterior displacement of the lower leg when measured on the KT-1000 arthrometer was 5 mm, which suggests joint instability. However, this patient did not complain of instability because it was compensated by the good tone of the thigh muscles; thus, repeated surgical interventions were not required.

Study limitations

This study is limited by its retrospective nature. In the future, we plan to conduct a prospective comparative study with a preliminary calculation of the sample size to comply with the principles of evidence-based medicine.

CONCLUSION

ACL reconstruction revision is a complex procedure that includes a more thorough clinical examination, radiographic evaluation, and preoperative testing, as opposed to primary reconstruction. Difficulties with reconstruction revision include new channel formation, channel dilation due to lysis, associated trauma, and choice of graft material. Surgical

success is ensured by minimal surgical errors and the choice of the most appropriate ACL reconstruction technique. The proposed options for the location of the channels and methods for autograft fixing in the intraosseous channels help in the arthroscopic revision of ACL reconstruction in one stage, without the use of additional bone grafting of the channels, which reduces the treatment time and promotes recovery of the patients.

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. Горбатюк¹, С.В. Колесов¹, В.В. Швец¹, Н.С. Морозова¹, Д.А. Пташников²,
С.Г. Млявых³, И.С. Братцев³

¹ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

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

³ 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 (≥ 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. Gorbatyuk¹, Sergey V. Kolesov¹, Vladimir V. Shvets¹, Nataliya S. Morozova¹, Dmitry A. Ptashnikov², Sergey G. Mlyavykh³, Ivan S. Bratsev³

¹ Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

² Vreden National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

³ 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 ≥ 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

BACKGROUND

Vertebral column resection (VCR) is a type of three-column spinal osteotomy, accompanied by the total removal of one or more vertebrae at the deformity apex, followed by spatial anatomical reconstruction of the spine, and characterized by the maximum possibilities of three-dimensional correction. Since the proposal of the MacLennan method in 1922 [1], attempts have been made to treat deformities of various origins, namely, congenital, post-tuberculous [2–7], iatrogenic (after other interventions on the spine), and degenerative [8, 9], L_7 vertebra spondyloptosis [10], due to Kummell's disease [11, 12], and in primary and metastatic tumor lesions of the spine [13–15]. To date, VCR is used far beyond its original purpose. Numerous studies are available in the literature; however, they focused on a highly specialized subject, namely, the use of VCR in certain nosologies. Literature reviews are compiled based on available articles; as a rule, they do not follow a single methodology for collecting data and had differences in measurement units used. Thus, comparison of such results is difficult for both clinicians and doctors involved in scientific activities.

This study represents one of the first attempts to generalize VCR experience in adult patients based on the results of various vertebrological centers in the Russian Federation, which will enable the formation of an interdisciplinary concept and clarify its indications and contraindications. As a first step, we consider it appropriate to compare surgical interventions for scoliotic, kyphotic, and kyphoscoliotic deformities with a Cobb angle of $>40^\circ$ ("target group" of patients) for nosological groups that a vertebrologist may deal with in practice and the required amount of erythrocyte blood products of such interventions perioperatively.

This study aimed to compare parameters of spinal column resection for rigid deformities of various etiologies and the management of erythrocyte blood products perioperatively.

MATERIALS AND METHODS

Study design

A multicenter retrospective observational cohort study design was employed.

Eligibility criteria

Inclusion criteria

- Rigid kyphotic or kyphoscoliotic deformity of the thoracic or lumbar spine with a Cobb angle in the kyphotic plane of $>50^\circ$
- VCR surgery with transpedicular fixation from the dorsal approach
- Congenital spinal anomalies causing the deformity described, or vertebrological intervention on the posterior column of the spine, resulting in its formation (group 1)

- High-energy (traumatic) compression fractures of the vertebral body beyond the acute period of trauma, at least 6 months (group 2)
- Hospitalization and surgical treatment performed beyond the chemotherapy and radiation therapy periods, in agreement with the oncologist managing the patient (group 4).

Exclusion criteria:

- VCR from the ventral access or two accesses
- VCR at more than 1 level
- Simultaneous vertebratomies of a smaller volume (PSO, SPO, and others)
- Use of posterior fixation other than transpedicular one, including hybrid fixation

Terms and conditions

The study was based on data from 53 adult patients (aged ≥ 18 years) with kyphotic and kyphoscoliotic deformities of the thoracic and lumbar spine, who received VCR surgical treatment between 2008 and 2020 at N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (Moscow), R.R. Vreden Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics (St. Petersburg), and Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod).

Study duration

The study was conducted during the period from 2021 to 2022 and retrospectively analyzed data from patients who were surgically treated for kyphotic and kyphoscoliotic deformities of the thoracic and lumbar spine using the VCR technique between 2008 and 2020. The observation period was limited by the duration of hospitalization; given the retrospective study design, the registration of the data collected was accepted as a surrogate ("soft") endpoint.

Description of the medical intervention

All the included patients underwent a single-level spinal column resection according to the generally accepted technique, which included the creation of a surgical approach, installation of transpedicular screws, and temporary rods, resection of the posterior supporting column of the vertebra, resection of the middle, and anterior supporting columns of the vertebra, apposition of the cranial, and caudal fragments of the spine, replacement of rods for permanent ones, final fixation, and closure of the surgical wound. The surgery was performed under combined endotracheal anesthesia under intraoperative neuromonitoring. Intraoperative reinfusion of autologous blood using a cell-saver apparatus was performed.

Research outcomes

A surrogate endpoint, corresponding to the determination of hemoglobin concentration on day 1 after the intervention,

was adopted as the study outcome, given its retrospective nature. Information about other indicators used in this study was already available at the endpoint.

Methods of outcome registration

The following parameters were measured and analyzed:

- Demographic indicators such as distribution by sex and age
- Duration of the intervention
- Intraoperative blood loss
- Amount of blood reinfused during the intervention
- Osteotomy level (calculations were taken into account as 1–12 for thoracic vertebrae from Th_I to Th_{XII}, respectively; 13–17 for lumbar vertebrae from L_I to L_{VII}, respectively)
- Fixation length (measured as the number of fixed spinal motion segments)
- Hemoglobin concentration (g/L) for men and women separately before the surgery (preoperative level) and on day 1 after it (postoperative level)

Subgroup analysis

Patients were distributed into four main groups according to the nature of the underlying disease or injury that caused the onset and growth of kyphotic/kyphoscoliotic deformity. Table 1 presents the characteristics of the groups that were used as the basis for the distribution.

In group 4, the types of neoplasms of the vertebral bodies were distributed as follows:

- Tumor, histologically unspecified lesion of the vertebral body (at the time of data collection, the biopsy material was being processed), $n=3$; damage levels Th_{III}, Th_{XII}, and L_I
- Chondrosarcoma of Th_{VII}, $n=1$
- Chondrosarcoma, ICD-O code 9250/1, degree 2, grade 2, $n=1$
- Giant cell tumor (osteoclastoma) of Th_X, $n=1$
- Giant cell tumor (osteoclastoma) of Th_{III} (aggressive type), ICD-O code 9250/1, $n=1$
- Breast carcinoma of L_I (metastasis, luminal subtype A), $n=1$
- Clear cell renal cell carcinoma of Th_{VII} (metastasis), $n=1$

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics version 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Descriptive statistics (calculated mean value of the parameter, standard deviation, and minimum and maximum values) were used for the general presentation of data. The Mann–Whitney U -test was used to determine differences in parameters between each of the two groups. The nature of the differences (high or low value of the parameter in the compared groups) was determined only with confirmed ($p < 0.05$) statistical significance. This nonparametric criterion was chosen based on the differences in the number of patients in the groups analyzed and the insufficiency of the sample size ($n=21$ in the largest group) for parametric tests. $P=0.05$ was taken as the threshold level of asymptotic significance.

RESULTS

Study participants

The study involved 53 patients, which included 22 (41.5%) men and 31 (58.5%) women. The mean age of the patients was 49.17 ± 15.82 years. Table 2 presents the descriptive data on the main studied parameters.

When searching for differences between groups in the pairwise comparison using the Mann–Whitney U -test, the results presented in Table 3A–D were obtained.

Tables 2 and 3 presented the following results:

- The surgical duration in group 4 (VCR for neoplasms of the vertebral bodies) was statistically significantly different from that in groups 2 ($p=0.035$) and 3 ($p=0.039$) (VCR for injuries and rigid scoliotic deformities of the spine, respectively) upwards.
- The intraoperative blood loss volume in group 3 (VCR for degenerative/idiopathic scoliosis) was statistically significantly different from that in all other groups in the upward direction ($p=0.014$ compared with group 1, $p < 0.001$ compared with group 2, and $p=0.039$ compared with group 4).
- In the male patients of group 3, the hemoglobin concentration on day 1 after the intervention differed downward statistically significantly from those in groups 1 ($p=0.016$) and 2 ($p=0.036$), whereas before

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

Conventional name of the group	Number of patients, n	Deformity genesis
1	8	Congenital (developmental anomalies)
2	21	Traumatic (high-energy compression fractures of the vertebral bodies)
3	15	Adult degenerative or idiopathic kyphoscoliosis
4	9	Oncological (neoplasms of the vertebral bodies, associated metastases, and compression fractures)

Table 2. Descriptive data of the main studied parameters

Group	Number, <i>n</i>	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation
<i>Intervention duration, min</i>					
1	8	210	660	360,00	155,47
2	21	210	580	303,33	90,35
3	15	165	420	299,33	70,93
4	9	155	600	400,00	137,55
<i>Intraoperative blood loss, mL</i>					
1	8	400	2500	1131,25	763,89
2	21	300	2900	840,48	602,62
3	15	700	8100	2900,60	2200,38
4	9	200	2320	946,67	732,87
<i>Volume of blood reinfused intraoperatively, mL</i>					
1	8	0	900	307,25	332,83
2	21	0	744	109,19	207,15
3	15	0	2226	732,13	667,26
4	9	0	0	0	–
<i>Osteotomy level</i>					
1	8	6	16	11,25	4,43
2	21	3	15	10,81	3,40
3	15	6	16	13,87	3,93
4	9	1	13	7,11	4,40
<i>Length of fixation (in spinal motion segments)</i>					
1	8	3	14	8,25	3,69
2	21	5	10	5,76	1,51
3	15	2	17	8,87	4,58
4	9	5	9	6,33	1,32
<i>Peripheral blood hemoglobin before surgery, g/L</i>					
Men					
1	5	117	167	139,80	19,15
2	11	112	150	131,55	13,83
3	4	119	136	127,50	6,95
4	2	128	140	134,00	8,49
Women					
1	3	125	166	145,67	20,50
2	10	103	156	129,00	18,74
3	11	100	150	129,55	13,74
4	7	113	155	127,57	15,15
<i>Peripheral blood hemoglobin on day 1 after surgery, g/L</i>					
Men					
1	5	104	139	118,40	12,90
2	11	92	129	109,18	12,46
3	4	88	102	95,75	7,32
4	2	97	126	111,50	20,51
Women					
1	3	105	126	116,00	10,54
2	10	74	126	99,80	14,99
3	11	88	140	111,18	18,87
4	7	87	143	110,71	18,59

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

Table 3. Asymptotic significance of differences (p) between groups when compared using the Mann–Whitney U-test

A						
	Group	1	2	3	4	
Surgical duration →	1	–	0,340	0,014	0,592	Intraoperative blood loss ←
	2	0,509	–	<0,001	0,982	
	3	0,456	0,680	–	0,003	
	4	0,531	0,035	0,039	–	
B						
	Group	1	2	3	4	
Fixation length →	1	–	0,554	0,106	0,066	Osteotomy level ←
	2	0,016	–	0,001	0,026	
	3	0,770	0,013	–	0,001	
	4	0,238	0,093	0,182	–	
C						
	Group	1	2	3	4	
Hemoglobin concentration before surgery, men →	1	–	0,192	0,016	0,857	Hemoglobin concentration on day 1 after surgery, men ←
	2	0,461	–	0,036	0,843	
	3	0,268	0,695	–	0,348	
	4	0,845	0,921	0,240	–	
D						
	Group	1	2	3	4	
Hemoglobin concentration before surgery, women →	1	–	0,107	0,697	0,419	Hemoglobin concentration on day 1 after surgery, women ←
	2	0,176	–	0,192	0,282	
	3	0,243	0,860	–	0,964	
	4	0,137	0,883	0,717	–	
E						
	Group	1	2	3		
Reinfusion volume →	1	–				
	2	0,073	–			
	3	0,111	0,001	–		

Note. Statistically significant ($p < 0.05$) differences are shown in bold. The reinfusion volume was not compared with group 4 (Table 3, D) because reinfusion was not used in this group. Values are rounded to three decimal places.

the intervention, these differences were not detected (Table 3C).

- In female patients, differences in hemoglobin levels were not detected either before or on day 1 after the intervention ($p > 0.05$; Table 3D).
- The length of hardware fixation in group 2 (VCR for high-energy traumatic compression fracture of the vertebral body) was statistically significantly shorter than that in group 1 ($p=0.016$) and group 3 ($p=0.013$) (VCR for developmental anomalies and deformities of postoperative genesis and idiopathic scoliosis, respectively).
- Osteotomy levels differed statistically significantly between groups 2 and 3 ($p=0.001$), between groups 2 and 4 ($p=0.026$), and between groups 3 and 4 ($p=0.001$). The differences between groups 4 and 1 cannot be currently considered statistically significant ($p=0.066$); however, they can potentially be proven in the future with an increased sample size. Group 4 (VCR for neoplasms of the vertebral bodies) was characterized,

on average, by the lowest level of osteotomy among all the studied groups, which corresponds to the most cranial location of the altered vertebrae within the thoracic and lumbar regions.

- The reinfusion volume was statistically significantly different in groups 2 and 3 (VCR for injuries and degenerative/idiopathic scoliosis, respectively; $p=0.001$), whereas group 3 required the highest volume of autologous blood.

In general, the VCR outcomes in *group 1* (deformities caused by developmental anomalies and postoperative deformities) were not statistically significantly different when compared with other groups in all parameters studied.

Group 2 (high-energy compression fracture of the thoracolumbar spine beyond the acute phase) was characterized by the shortest fixation length (average 5.76 levels), which may be due to the absence or minimal disturbance of the sagittal balance in these patients, and its correction does not require a significant hardware length.

Group 3 (scoliotic deformities of degenerative–dystrophic and idiopathic genesis) was characterized by the largest/maximum intraoperative blood loss (on average, 2900.60 mL, which is 2–3 times higher than this indicator for other groups). A large intraoperative blood loss causes increased requirements for reinfusion (average 732.13 mL for this group) and low hemoglobin concentration on day 1 after the intervention (average 95.75 g/L in men and 99.80 g/L in women). The fixation length in group 3 (on average 8.87 levels of the spine) exceeded that of all other groups, which was due to the need for deformity correction simultaneously in two planes (frontal and sagittal), which increased the surgical intervention requirement and, consequently, blood loss. The need for reinfusion also increased.

In *group 4* (VCR to correct deformities caused by tumor lesions of the vertebrae), interventions were most often performed in the mid-thoracic region at the Th_{VII}–Th_{VIII} level. This situation is possibly caused by the unpredictable (at this stage) development (location) of metastatic foci and other neoplasms in the vertebral bodies. Moreover, the “large caudality” of the average levels in other groups (Th_{XI}–Th_{XII} vertebrae in group 1, Th_X–Th_{XI} in group 2, and L_I–L_{II} in group 3) may be associated with the following:

- Patient composition for group 1 (in terms of the location of the altered vertebrae)
- Specificity of the thoracolumbar transition segment as a zone of damage for group 2 [the probability of a compression fracture of the upper and middle thoracic vertebrae in the case of injury was slightly lower than that of the underlying (lower thoracic and lumbar ones)]
- For group 3, the choice of the osteotomy level in accordance with the actual nature of the deformities in the included patients

When compared between groups, statistically significant differences in the osteotomy level were found between groups 4 and 2 (kyphotic deformities due to chronic vertebral compression fractures; $p=0.035$) and group 3 (VCR due to rigid scoliotic deformities; $p=0.039$).

On average, the duration of the onco-orthopedic intervention was the highest in group 4 when compared with the rest of the groups, which can be due to increased requirements for the technique due to the principles of ablative surgery.

Adverse events

No adverse events were reported during the study.

DISCUSSION

Summary of the main research outcome

When performing VCR for spinal neoplasms, the surgical duration was statistically significantly higher than for VCR for high-energy burst compression fractures of the vertebral bodies and grade IV scoliotic deformities. This group was also

characterized, on average, by the most cranial osteotomy level among the studied patients.

VCR for idiopathic scoliotic deformities is characterized by a larger intraoperative blood loss volume than other nosologies considered in the study, showing statistically significant differences. Moreover, in male patients of this group, the hemoglobin level on day 1 after the intervention was statistically significantly lower than that in those who underwent VCR for compression fractures of the vertebral bodies or deformity caused by a vertebral developmental anomaly.

In the spinal column resection for burst compression fractures of the vertebral bodies, the extent of fixation was statistically significantly less than with a similar intervention for developmental anomalies, deformities of postoperative genesis, and grade IV idiopathic scoliosis.

VCR for grade IV idiopathic scoliosis required statistically significantly larger amounts of reinfused autologous blood than the intervention for acute traumatic pathology (burst compression fractures of the vertebral bodies).

Discussion of the main research results

Even the baseline information about blood management in VCR is currently extremely poorly covered. We did not find a single publication in the literature that described the hemoglobin level in peripheral blood before and after (on day 1) VCR, and data about other parameters considered, except for the surgical duration and intraoperative blood loss, were not given in all studies. Comprehensive coverage of the achieved correction from a radiological and neurological point of view is common, whereas blood management and comparison of the perioperative features of VCR in various nosologies remain beyond the main focus of vertebrological cogitations, despite their obvious relevance for clinicians.

Developmental anomalies (Group 1)

The analysis of VCR parameters for patients with abnormal spinal development is conceptually complex because of the diversity of the anomalies and, accordingly, the required extent of surgical intervention. Thus, we consider it appropriate to focus on the analysis of studies on developmental anomalies, where only one vertebra is affected, which should be resected.

The absolute number of publications describing the use of VCR for impaired spinal column development (resulting in kyphotic, kyphoscoliotic, or scoliotic deformities) is focused on the treatment of children and adolescents (aged 0–17 years). Data on the treatment of adults (aged ≥ 18 years) are extremely limited. The study conducted by Liu et al. is an example of high-quality work related to the results of VCR for congenital scoliosis caused by developmental anomalies [16]. Despite the emphasis on radiological parameters, in addition to the main findings, the authors also provide some “atypical” data that are rarely found in publications. Thus, intraoperative blood loss among 24 patients was

1754±657.3 mL, which is slightly higher than our findings (1131.25±763.89 mL), and the number of pedicle screws was 14.3±1.6 (range 12–16). As a disadvantage for a full-fledged comparison, determining the number of fixed levels by the number of screws is impossible because there can be from 0–2 screws at a certain level.

Compression traumatic fractures (Group 2)

Given its complexity, VCR is not the method of choice for deformity correction in compression (including burst) fractures of the thoracic and lumbar spine, even beyond the acute phase of injury. The priority in such injuries is the most rapid and technically simple achievement of stability in the damaged segment while eliminating the compression threat to neural structures (i.e., spinal cord, roots, and nerves). Such patients do not have sagittal balance disorders developing for a long time; therefore, under such conditions, the minimum necessary fixation, including five levels, proves itself (two levels cranial to the damaged vertebra + the damaged vertebra itself + 2 levels distal to it). This reason explains the smallest fixation length in all groups (5.76±1.51 levels; Table 2), although significant differences were found only in group 1 (planned interventions for developmental anomalies of the spine, resulting in its deformity).

The literature provides data on the results of three-column reconstruction of the spine through the posterior approach, which is very similar to VCR. Hamzaoglu et al. [17] summarized their experience of performing VCR from the dorsal approach in 51 adult patients with traumatic pathologies such as burst compression fractures of the vertebral bodies. The average duration of the intervention was 434 (270–535) min, which was on average higher than our data (303.33±90.35 min). The average intraoperative blood loss was 520 (360–1100) mL, which was somewhat lower than our results (840.48±602.62 mL) but was generally comparable to their results. The authors emphasized the importance of the combined use of hemostatic measures such as intraoperative administration of tranexamic acid, maintenance of optimal blood pressure during the intervention, widespread use of thermocoagulation of small vessels, and use of high-speed burs. The study limitation was the fact that in 3 of 51 (5.88%) patients, osteotomy was performed at two levels; therefore, we cannot establish complete methodological compliance. However, we can form a comparative impression of the intervention results.

Degenerative and idiopathic kyphoscoliosis (Group 3)

Zhang et al. [18] presented the evaluation results of the efficiency of VCR in 12 patients with grade IV rigid idiopathic scoliosis, which revealed that VCR performed for this nosology (mean angle of deformity before and after the intervention were 108.91°±16.56° and 56.49°±18.82°, respectively) was characterized by an average blood loss of

1333.33±574.19 mL and surgical duration of 326.67±27.91 min. Thus, the surgical duration was longer than that recorded in our study; however, the intraoperative blood loss volume was lower. In the study, the average number of fixation levels was 11.33±2.27, which was more than the average value obtained in our study with 8.87±4.58.

Zhou et al. can also be considered [19] to have certain limitations, as their study focused, among other things, on performing VCR in patients with rigid scoliotic deformities. Of 22 patients, idiopathic scoliosis was registered in 16 patients, and neuromuscular scoliosis was detected in 6 patients. The authors report an average surgical duration of 539.5±38.0 min, with an intraoperative blood loss volume of 1895.5±566.7 mL, which is slightly lower than our intraoperative blood loss of 2900.60±2200.38 mL, but higher than the average surgical duration recorded in our study (the lowest of 299.33±70.93 min in group 3, and the highest of 400.00±137.55 min in group 4). A significant limitation for the analysis is the authors' consideration of a two-approach one-stage VCR in contrast to the one-approach VCR investigated in our study.

Oncological nosologies (Group 4)

Information on the use of VCR in the field of onco-orthopedics, which is not related to the description of individual clinical cases, is scarce in the literature. Jandial et al. [15] studied the results of spinal column resection in the lumbar region from the posterior mono-approach performed for a metastatic lesion. A total of 11 adult patients (6 men and 5 women) were included in the study. The distribution by nosology of primary neoplasm among patients was as follows: two patients with neoplasm of the prostate, two patients with that of the kidney, one with lung neoplasm, one with neuroendocrine tumor, one with breast cancer, one with plasmacytoma, one with alveolar rhabdomyosarcoma, and one with thyroid gland neoplasm. The average intraoperative blood loss was 1618 (900–4000) mL, which was significantly higher than our results of 946.67 (200–2320) mL. However, in our patients, the osteotomy was performed mainly in the thoracic spine (L₁ was the only level of the lumbar spine in our study). A smaller blood loss volume with similar principles of intervention can be due to the smaller size of the thoracic vertebrae and the smaller volume (and wound area) of the adjacent muscle masses, which impose appropriate hemostatic requirements. The authors provide data on intraoperative blood loss for each of the 11 patients, indicating histological data; however, due to the diversity of the histological nature of neoplasms, each type requiring VCR is rare. Thus, the analysis of possible relationships between the histological type of neoplasm and intraoperative blood loss is currently premature because of data paucity.

When comparing intraoperative blood loss with that in other patients, our study revealed (Table 3A) statistically significant ($p=0.003$) differences between this group and

group 3, corresponding to patients with rigid scoliotic deformities; thus, this indicator was higher in group 3 than in group 4. This can be due to a shorter fixation length (8.87 ± 4.58 levels in group 3 and 6.33 ± 1.32 levels in group 4), which implies a longer approach for the scoliotic deformity correction, more time for its creation and closure, and therefore an inevitable large blood loss during the intervention.

Jandial et al. [15] also reported an average surgical duration of 6.6 h (396 min), which ranged from 4.5 to 9 h (270–540 min). Our results generally agree with this time interval, in which the average value in our study was 400 (155–600) min.

In an article analyzing VCR complications in 40 patients with vertebral body neoplasms, Fan et al. [13] also provided some information that is of interest from the point of view of blood management, that is, according to their data, the median intraoperative blood loss volume was 2400 (600–11,000) mL, the intervention duration was 305.8 ± 78.2 (135 to 470) min, and the transfusion volume of erythrocyte blood components was 2600 (0–26200) mL which is generally less than our results in terms of the intervention duration, but higher than other parameters. Moreover, in 4 of 40 (10%) patients, two adjacent vertebrae (not 1 vertebra) were removed; therefore, we cannot fully compare the results of this work and our study.

Interestingly, the authors [13] registered 75% (30/40) of neoplasms in the thoracic spine and 25% (10/40) in the lumbar spine. The predominant localization in the thoracic spine corresponds generally to our results. In the study by Dreimann et al. [14], which focused on the treatment of 11 patients with metastatic spinal cord compression, all (100%) patients had a metastatic lesion of the thoracic spine, which confirms an increased “tendency” to metastasis in this region compared with the lumbar spine. A thoracic localization may be of some importance for estimating the intraoperative blood loss volume and planning for VCR replacement therapy.

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

Study limitations

given the lack of randomization in this observational study, confounding factors could not be controlled. The study was also limited by its retrospective design.

CONCLUSION

The versatility of clinical tasks for which spinal column resection can be performed using the VCR technique also determines the significant heterogeneity of patients who receive such treatment. In accordance with nosologies, various requirements are imposed on surgical interventions, namely, ablasticity, spinal stabilization rate, optimal biomechanics of a fixed spine, and others. Knowledge of the features of interventions in various nosologies is very useful in vertebral practice.

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.

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 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

*** Горбатюк 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. Васюков¹, А.А. Воротников¹, Г.А. Айрапетов^{1, 2}, С.Ю. Чекрыгин¹, В.С. Боташева¹¹ Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Российская Федерация² 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. Vasyukov¹, Alexandr A. Vorotnikov¹, Georgii A. Airapetov^{1,2}, Sergey Yu. Chekrygin¹, Valentina S. Botasheva¹

¹ Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

² 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 см² 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 «Imagenscore 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 (волоконный) 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

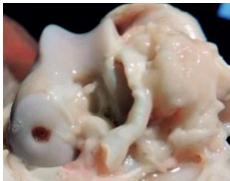
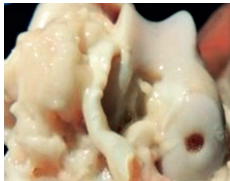

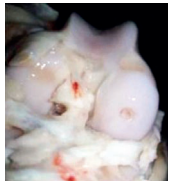
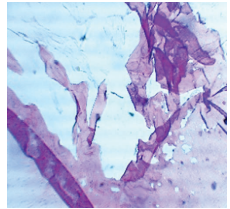
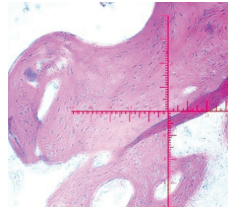
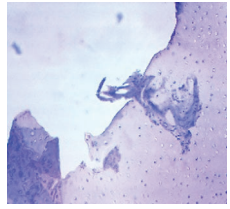
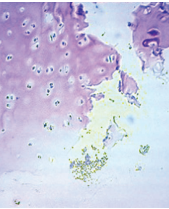


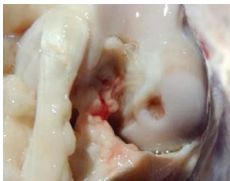

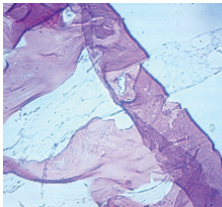
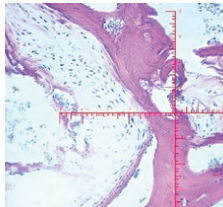
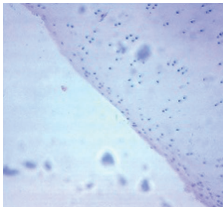
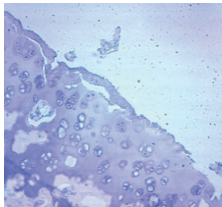
	Контроль	1-я экспериментальная группа	2-я экспериментальная группа	3-я экспериментальная группа
Средняя сумма баллов по шкале Driscoll	4,0±0,0	5,67±0,58 (p < 0,05)	6,33±0,58 (p < 0,05)	8,0±0,0 (p < 0,05)
Макроскопический вид				
Удельный объём хондроцитов, %	3,02±0,07	3,21±0,2 (p > 0,05)	3,35±0,31 (p > 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





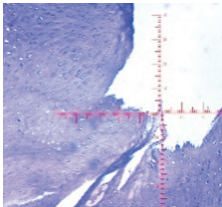
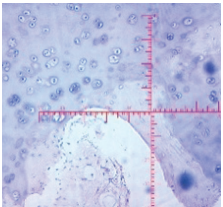
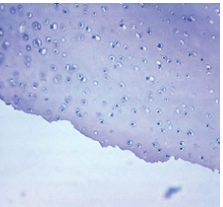
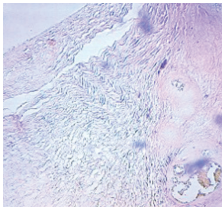
гиалиновым суставным хрящом прослеживается чётко. Микроскопически полной регенерации хряща не происходит. Полость остеохондрального дефекта мышелка заполнена незрелой хрящеподобной тканью. Субхондральная костная пластинка восстановлена на всём протяжении, за исключением области в центральном отделе дна 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, Egiazaryan 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. Дорохин¹, А.А. Адрианова¹, С.А. Дроздов², Н.И. Карпович³, В.А. Мальчевский⁴¹ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;² Детская городская клиническая больница им. З.А. Башляевой, Москва, Российская Федерация;³ Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация;⁴ 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. Dorokhin¹, Anastasia A. Adrianova¹, Sergey A. Drozdov², Nikolai I. Karpovich³, Vladimir A. Malchevskii⁴

¹ Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

² Bashlyaeva Children's City Hospital, Moscow, Russia;

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

⁴ 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

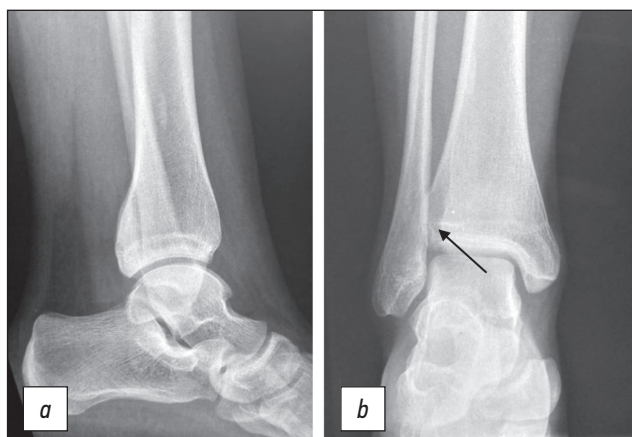


Рис. 1 (а, б). Рентгенограммы пациентки А.А. в прямой и боковой проекции. Перелом переднего бугорка правой большеберцовой кости со смещением.

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, $n=30$ ($\Sigma - n$) ²	Пациенты старшей возрастной группы, $n=30$ ($\Sigma - n$) ²
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)
Σ	3,0350	2,3190
W ($p=0,05$)	0,9270	0,9240
σ ($p=0,05$)	0,0905	0,0368
U ($p \leq 0,05$)	338	338

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

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

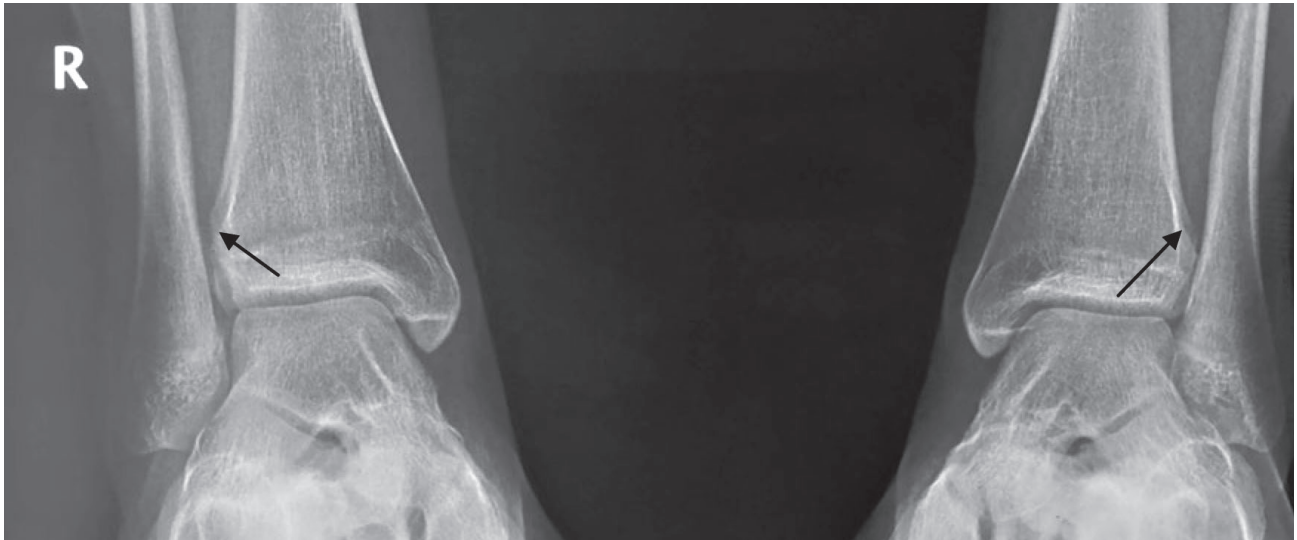


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки А.А. в синдесмозной проекции под нагрузкой по сравнению со здоровым суставом. Увеличение межберцового расстояние справа.

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

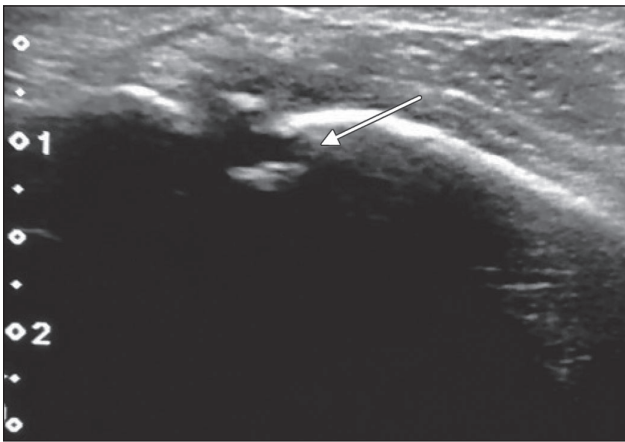


Рис. 3. Ультразвуковое исследование дистального межберцового синдесмоза пациентки А.А. Костный фрагмент и признаки разрыва связки.

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.

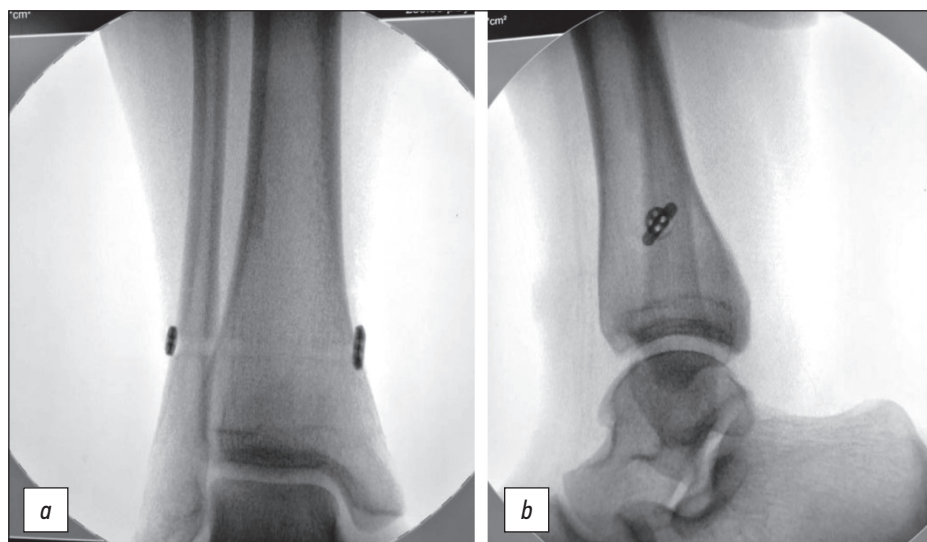


Рис. 5 (a, b). Рентгенограммы голеностопного сустава пациентки А.А. после лечения.

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 Р. Milz и соавт., по сравнению с МРТ метод УЗ-диагностики при верификации повреждения передней большеберцово-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 syndesmotic 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 Syndesmotic 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. Багиров¹⁻³, П.Н. Суварлы^{1,2}, Е.В. Огарёв¹, А.Г. Ельцин¹, Д.С. Мининков¹, А.Н. Тагизаде⁴¹ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;² ООО «Клиника научной медицины», Москва, Российская Федерация;³ Московский авиационный институт, Москва, Российская Федерация;⁴ 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. Bagirov¹⁻³, Parviz N. Suvarly^{1,2}, Egor V. Ogaryov¹, Alexander G. Yeltsin¹, Dmitry S. Mininkov¹, Arzu N. Tagizade⁴

¹ Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

² LLC «Clinic of Scientific Medicine», Moscow, Russia;

³ Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia;

⁴ 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° — прямой;
- до 10° — 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;

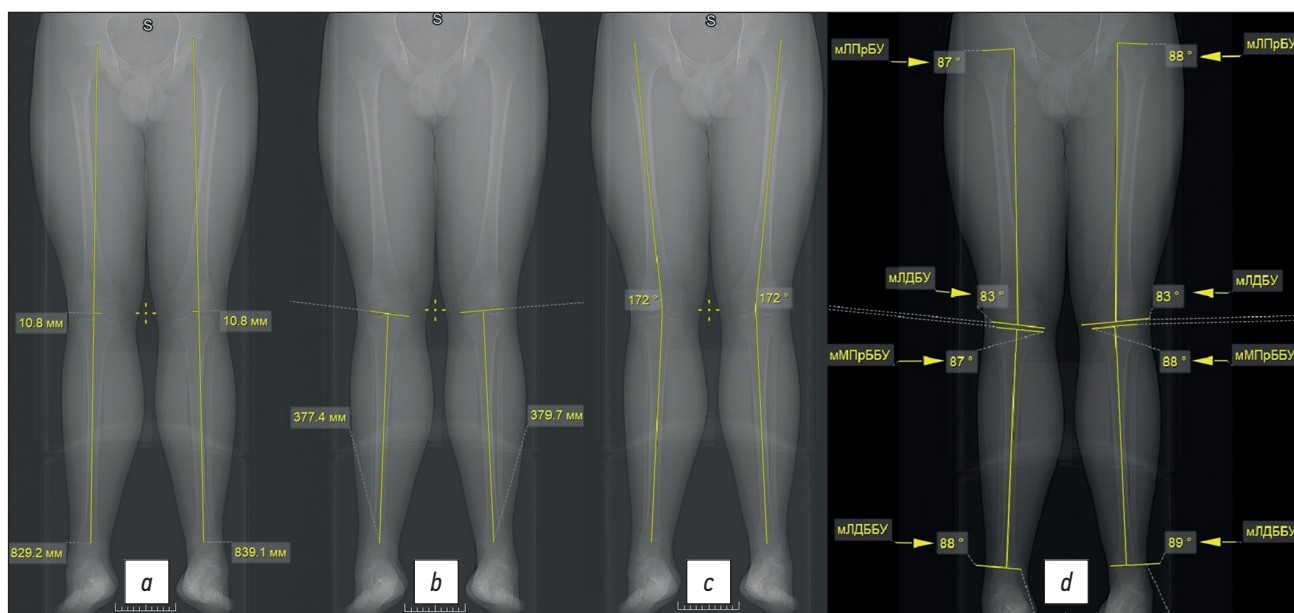


Рис. 1. Топограмма нижних конечностей: *a*) расстояние от тазобедренного до голеностопного сустава, *b*) расстояние от коленного до голеностопного сустава, *c*) угол между продольными осями бедренной и большеберцовой кости, *d*) механические линии и углы бедренных и большеберцовых костей.

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 — α ; 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 — β ; 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 — γ (рис. 2, с) [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 γ и α . 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

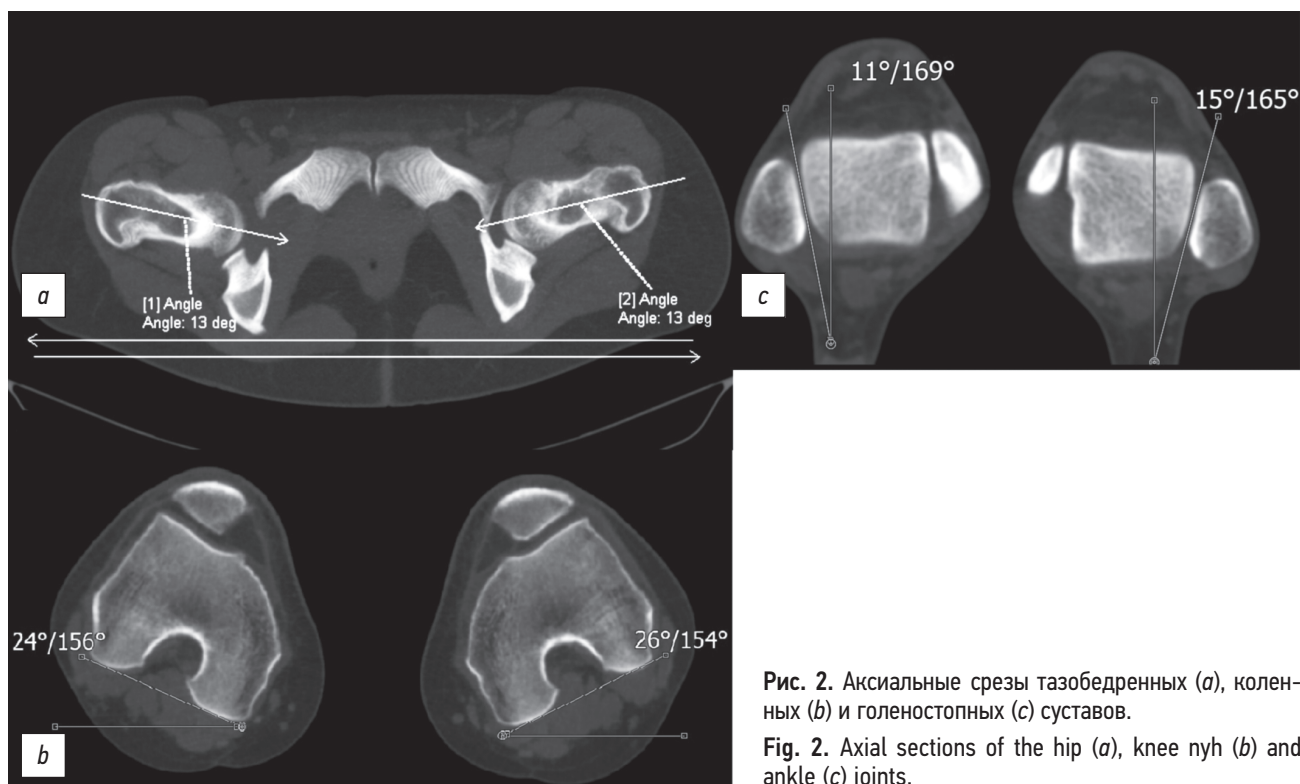


Рис. 2. Аксиальные срезы тазобедренных (а), коленных (б) и голеностопных (с) суставов.

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 (σ), для качественных — как абсолютные значения (n) и процентное выражение (%). Критический уровень значимости (α) 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. мМРТА — 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 имела 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*. 2nd 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

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

Огарёв Егор Витальевич, к.м.н.,
врач-рентгенолог; e-mail: 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

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

Тагизаде Арзу Низам кызы, студент;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8259-9744>;
e-mail: 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

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

Egor V. Ogaryov, MD, Cand. Sci. (Med.),
radiologist; e-mail: 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

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

Arzu N. Tagizade, student;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8259-9744>;
e-mail: 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. Парамонов¹, И.В. Маркин¹, В.Р. Ан¹, С.В. Кушнарв², П.К. Потапов¹,
К.А. Ведищев¹, Н.В. Варламова¹, А.Р. Музафаров¹, Р.Р. Байкиев¹, Е.А. Журбин¹,
Д.А. Отавин¹, И.А. Забирова¹

¹ Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Российская Федерация;

² 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. Paramonov¹, Ilya V. Markin¹, Vladimir R. An¹, Sergei V. Kushnarev², Pyotr K. Potapov¹, Kirill A. Vedishev¹, Natalia V. Varlamova¹, Artur R. Muzafarov¹, Renat R. Baikiev¹, Evgeniy A. Zhurbin¹, Denis A. Otavin¹, Iraida A. Zabiroya¹

¹ Military Innovation Technopolis «ERA», Anapa, Russia;

² 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

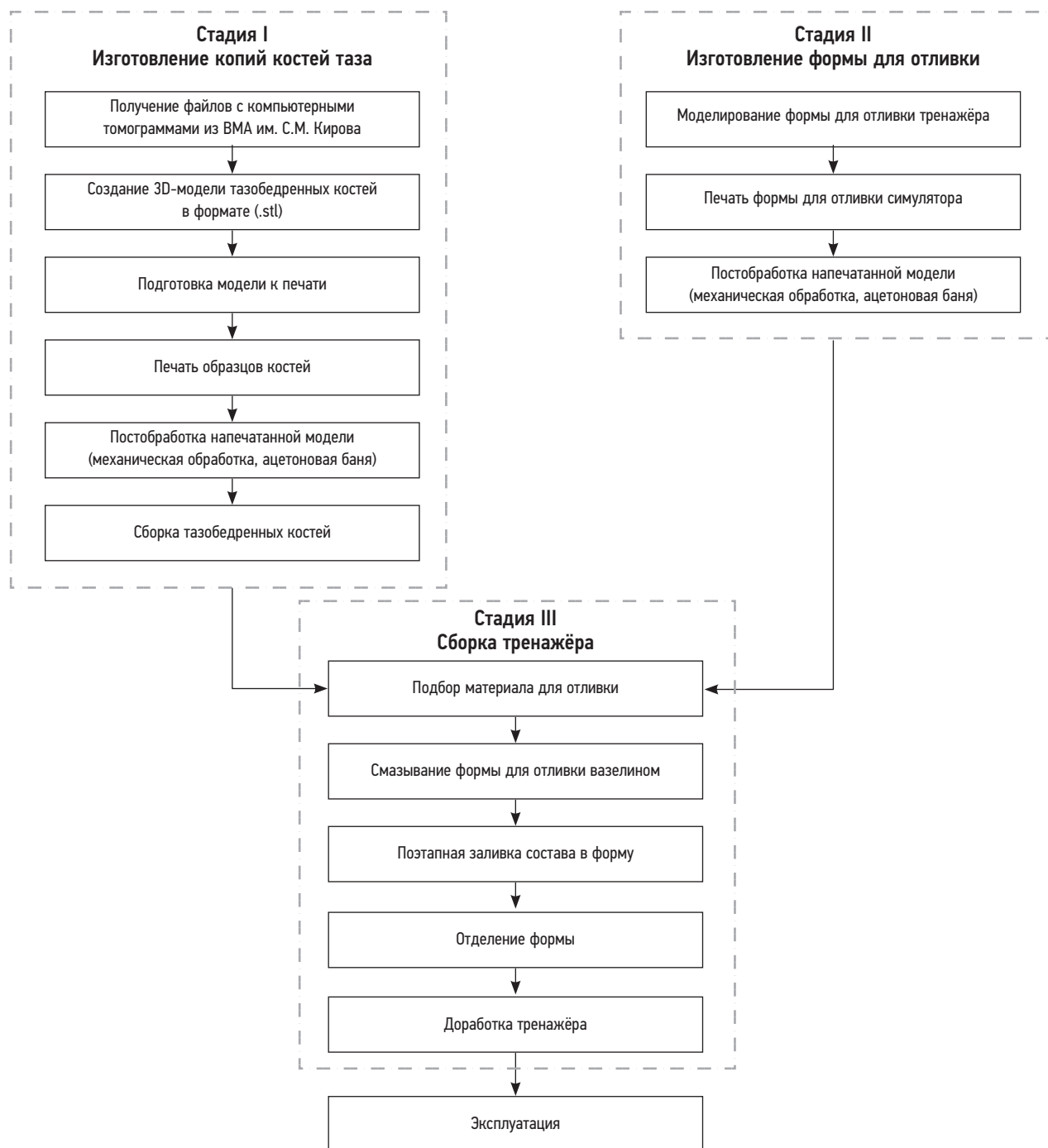


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема изготовления симулятора.

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),

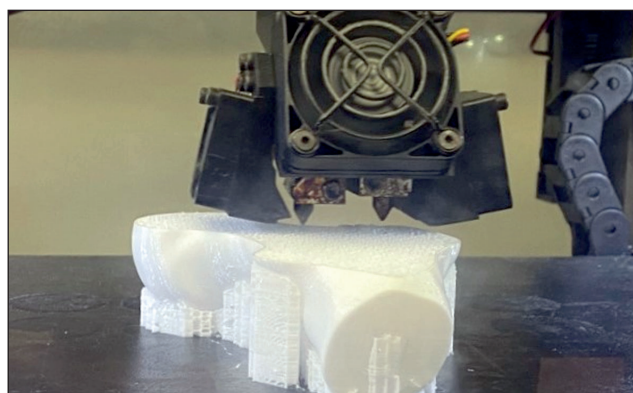


Рис. 3. Печать образцов костей методом послойного наплавления.
Fig. 3. Printing of bone samples by layer-by-layer fusing.

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).

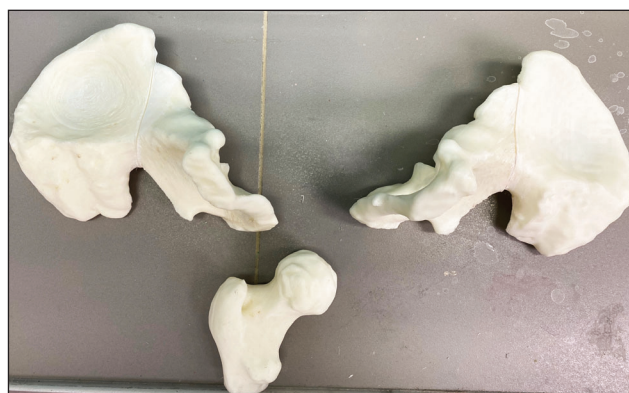


Рис. 4. Готовые образцы костей таза.
Fig. 4. Finished samples of the bones of the hip.

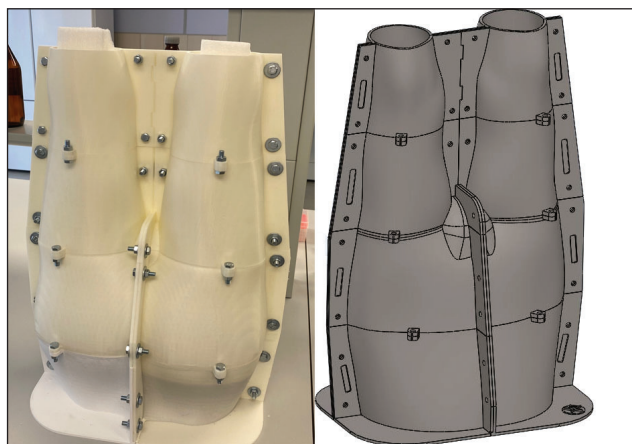


Рис. 5. Отливочная форма в готовом виде и на этапе моделирования.

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 $t=30-32\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Образец 1 Желатин 10% (10 г) Вода 90% (90 мл)	Помутнение раствора	Помутнение раствора	При комнатной температуре произошёл переход в жидкое состояние
Образец 2 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)
Образец 3 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)
Образец 4 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)
Образец 5 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

Образец 6 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)
Образец 7 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)
Образец 8 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)

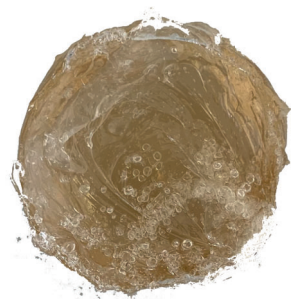


Рис. 6. Тестовый образец заливочного состава варианта 1.

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
Образец 1 Желатин 10% (10 г) Глицерин 90% (90 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 6%
Образец 2 Желатин 20% (20 г) Глицерин 80% (80 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 5%
Образец 3 Желатин 30% (30 г) Глицерин 70% (70 мл)	Уменьшение в объёме вследствие высыхания на 5%
Образец 4 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 некритично 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., Милюков 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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, дистоция 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 Мajeed (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 Мajeed [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

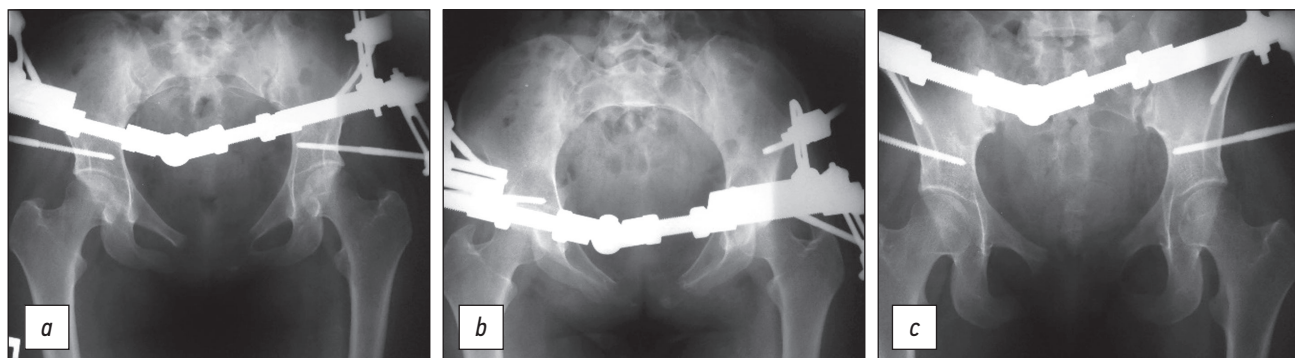


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки С. после операции тотальной резекции лонных ветвей, замещения дефекта пластическим материалом «Коллапан-С», стабилизации тазового кольца аппаратом внешней фиксации стержневой конструкции Малахова–Кожевникова–Цуканова: а) прямая, б) каудальная, с) краниальная проекция.

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.

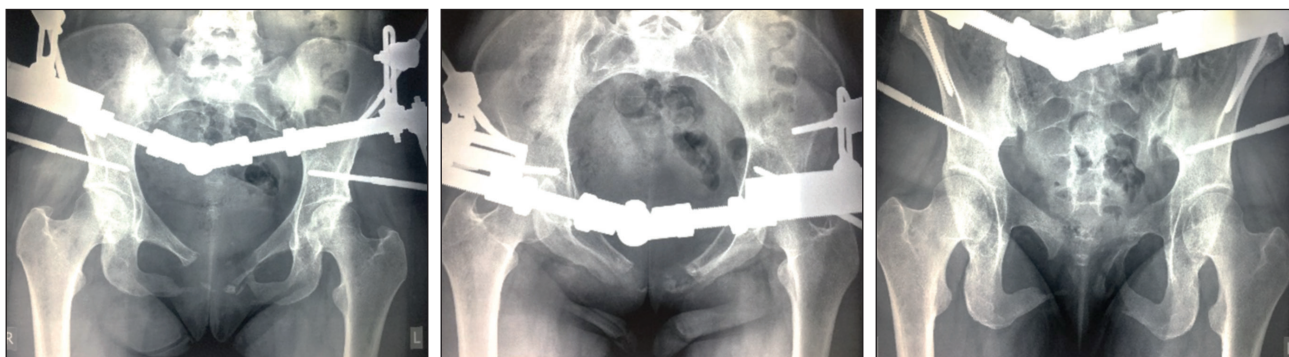


Рис. 3. Рентгенограммы пациентки С. через 4 мес после операции.

Fig. 3. Radiographs of patient S. 4 months after operation.

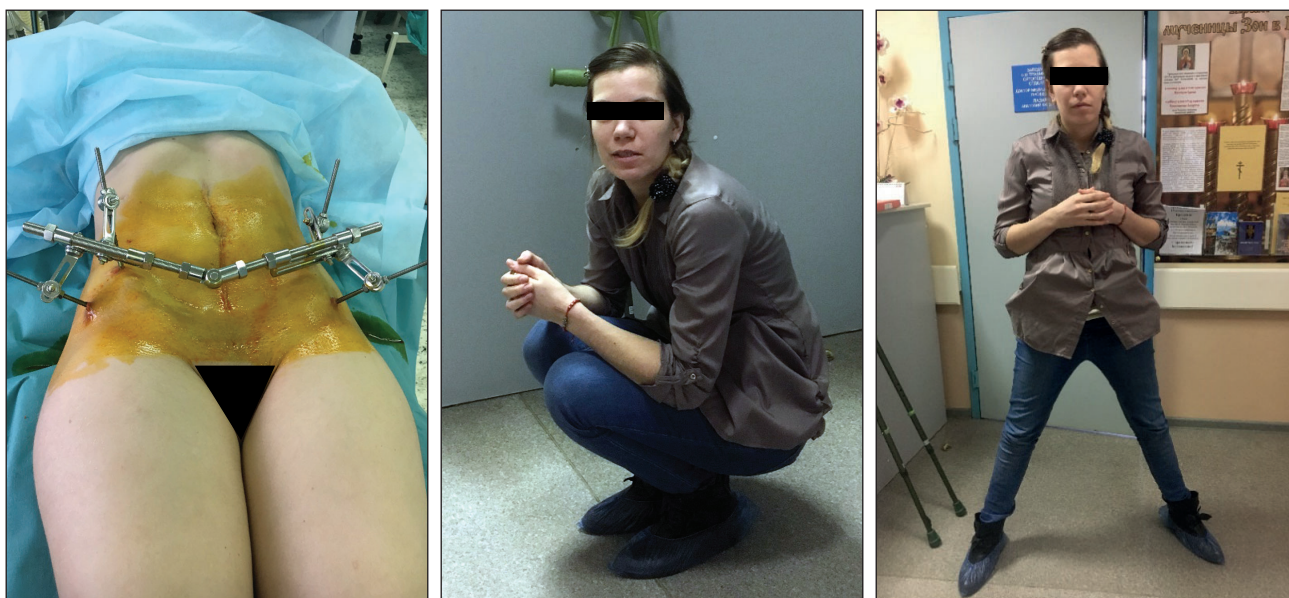


Рис. 4. Внешний вид пациентки С. через 4 мес после операции.

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. 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. 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, Salthan 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. Родионова¹, Х.З.А. Аси², А.В. Кривова², М.А. Самарин², И.А. Соломянник¹

¹ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;

² 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. Rodionova¹, Zaid A. Asi Habiballah², Alla V. Krivova², Mikhail A. Samarin², Irina A. Solomyannik¹

¹ Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

² 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, ОР=2,3; 95% доверительный интервал, 95% ДИ 1,4–3,7), с ослабленным соматическим здоровьем (ОР=3,3; 95% ДИ 1,8–6,1), низкими физическими способностями и не гулявших на улице до перелома (ОР=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. Екатеринбург [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 hipfracture: 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: Associational Anesthetists 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. Меджидов¹, М.В. Паршиков², Л.М. Гинзбург¹, Ю.С. Соловьёв¹, И.М. Ужахов²

¹ Домодедовская центральная городская больница, Домодедово, Российская Федерация;

² 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: неангиогенез; 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. Medjidov¹, Mikhail V. Parshikov², Leonid M. Ginzburg¹,
Yuri S. Solov'yev¹, Ibragim M. Uzhakhov²

¹ Domodedovo Central City Hospital, Domodedovo, Russia;

² 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_{II} 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_{II}. 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 (μ) либо специально подготовленные эмболосферы диаметром 75–100 μ [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 ≥ 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 мк со 100% техническим успехом. В результате средний балл по ВАШ уменьшился с 76 ± 14 мм на исходном уровне до 29 ± 27 мм при осмотре на 6-м мес после вмешательства. Средний балл по WOMAC снизился с 61 ± 12 до 29 ± 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 кг/м^2 , в то время как в предыдущих, которые мы анализировали, он был равен 25 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 мк 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. Ткаченко¹, А.К. Дулаев², А.А. Спичко¹, Д.Ш. Мансуров¹, В.М. Хайдаров¹,
А.Г. Балглей¹, И.Л. Уразовская¹, А.А. Хромов¹, Э. Ульхак¹, Я.Б. Цололо¹

¹ Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

² 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. Tkachenko¹, Aleksandr K. Dulaev², Aleksandr A. Spichko¹, Djalolidin Sh. Mansurov¹, Valerii M. Khaidarov¹, Alexander G. Balgley¹, Irina L. Urazovskaya¹, Alexandr A. Khromov¹, Ehsan Ulhaq¹, Yaroslav B. Tsololo¹

¹ Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia;

² 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/м² [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.

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.

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.
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 тромбозмобилических 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.ijsu.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, Vriezেকolk 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

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

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

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

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

Балглея Александр Германович,
ассистент кафедры, врач травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0964-6871>;
eLibrary SPIN: 1202-7753; e-mail: 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

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

Ульхак Эхан, к.м.н., ассистент кафедры,
врач травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9647-052X>;
e-mail: 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

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

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

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

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

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

Alexander G. Balgley, department assistant,
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0964-6871>;
eLibrary SPIN: 1202-7753; e-mail: 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

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

Ehsan Ulhaq, MD, Cand. Sci. (Med.), department assistant,
traumatologist-orthopedist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9647-052X>;
e-mail: 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

* 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 75th anniversary!

ABSTRACT

Brief biography and scientific achievements of Aleksey G. Baidurashvili, congratulations on the 75th 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 75th 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.